

**CULTIVO DE *ECHINACEA*  
*PURPUREA* (L.) MOENCH. BAIXO  
DISTINTOS MÉTODOS DE  
CONTROL DE FLORA ARVENSE EN  
GALICIA**

Ruth María Barros Camba



DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEXETAL  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

LUGO  
2015





TESE DE DOUTORAMENTO

CULTIVO DE *ECHINACEA*  
*PURPUREA* (L.) MOENCH. BAIXO  
DISTINTOS MÉTODOS DE  
CONTROL DE FLORA ARVENSE EN  
GALICIA

*Fdo.:*

Ruth María Barros Camba

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEXETAL  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

LUGO  
2015





Dra. Rosa Romero Franco, profesora titular da Universidade de Santiago de Compostela (Galicia, España)

Certifica:

Que a presente tese doutoral, titulada “Cultivo de *Echinacea purpurea* (L.) Moench. baixo distintos métodos de control de flora arvense en Galicia”, que para optar ao título de Doutor Enxeñeiro de Agrónomos presenta Ruth María Barros Camba, foi realizada baixo a miña dirección, e téndoa concluída, autorizo a súa presentación co fin de que poida ser xulgada polo tribunal correspondente.

*Autoriza a presentación da tese indicada, considerando que reúne os requisitos esixidos no artigo 34 do regulamento de Estudos de Doutoramento, e que como Director da mesma non incurre nas causas de abstención establecidas nos artigos 28 e 29 da lei 30/1992.*

Lugo, 13 de novembro de 2015

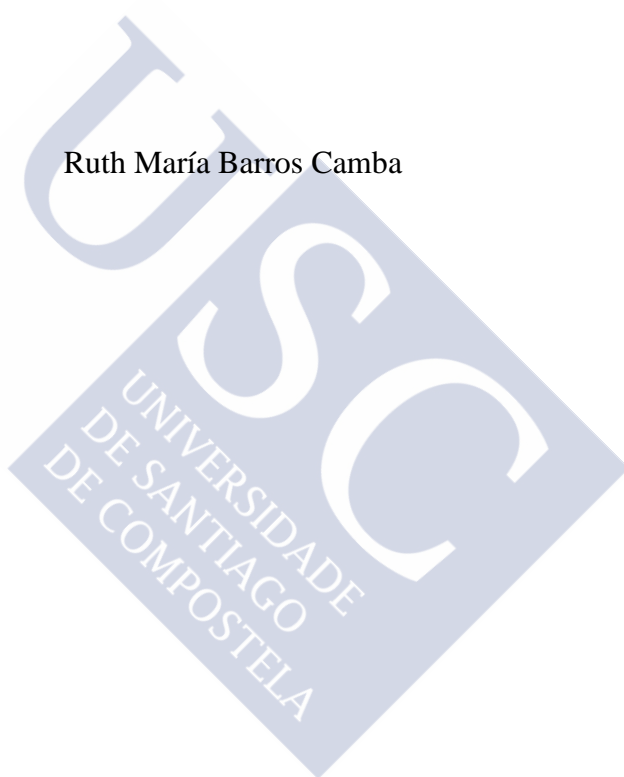
Rosa Romero Franco



O contido deste traballo non poderá reproducirse, xa sexa todo ou en parte, baixo calquera tipo de soporte, sen a autorización expresa da autora. Para todos os efectos, asino este documento.

Lugo, 13 de novembro de 2015

Ruth María Barros Camba





A Sergio, Emilio e Ana





O meu máis sincero agradecemento a miña directora Rosa Romero, unha verdadeira mestra

A Cristina e Susi, as mellores técnicos de laboratorio

Ao persoal de Escola Politécnica Superior de Lugo

Aos meus amigos... grazas Gus

A miña familia de aquí e de alá

Ás persoas que me quixeron tanto e xa non están...

A meu irmán

A meus pais

A Sergio







## RESUMO

*Echinacea purpurea* (L.) Moench é unha planta perenne orixinaria de América do Norte, utilizada na prevención e tratamento do arrefriado común, a gripe e outras afeccións das vías respiratorias. Na actualidade é unha das plantas medicinais máis amplamente utilizadas no mundo. Este ensaio, levado a cabo en Lugo (Galicia), evaluou catro métodos de control de flora arvense durante tres anos de cultivo de *E. purpurea*: escarda manual, acolchado con malla perforada de polipropileno negro, acolchado con polietileno negro de 400 galgas e acolchado de polietileno negro de 700 galgas. Fixéronse inventarios periódicos da flora arvense, estimándose a biomasa e a densidade de cada especie ademais do total de flora. A maiores, determináronse as producións en peso fresco e peso seco, altura das plantas, número de flores e de talos por planta. Tamén se analizaron os contidos en alquilamidas e derivados do ácido cafeico, ademais de determinar a composición mineral das partes aéreas da equinácea. Os acolchados plásticos (malla e polietilenos) foron os tratamentos máis eficaces no control da flora arvense. Os maiores rendementos da parte aérea acadáronse no segundo ano de cultivo, producíndose nas bancadas acolchadas cos polietilenos, coincidindo cos máximos valores de altura, número de flores e talos por planta. Con respecto ao rendimento das raíces, non se atoparon diferenzas significativas entre tratamentos. Os acolchados plásticos parecen favorecer a concentración de principios activos nas plantas de *E. purpurea*.

**PALABRAS CHAVE:** Flora adventicia, produción de equinácea, polietileno negro, polipropileno negro, alcámidas.

## RESUMEN

*Echinacea purpurea* (L.) Moench es una planta perenne originaria de América del Norte, utilizada en la prevención y tratamiento del resfriado común, la gripe y otras afecciones de las vías respiratorias. En la actualidad es una de las plantas medicinales más ampliamente utilizadas en el mundo. Este ensayo, llevado a cabo en Lugo (Galicia), evaluó cuatro métodos de control de flora arvense durante tres años de cultivo de *E. purpurea*: escarda manual, acolchado con malla perforada de polipropileno negro, acolchado con polietileno negro de 400 galgas y acolchado de polietileno negro de 700 galgas. Se hicieron inventarios periódicos de la flora arvense, estimándose la biomasa y la densidad de cada especie además del total de flora. A mayores, se determinaron las producciones en peso fresco y peso seco, altura de las plantas, número de flores y tallos por planta. También se analizaron los contenidos en alcaloides y derivados del ácido cafeico, además de determinar la composición mineral de las partes aéreas de la equinácea. Los acolchados plásticos (malla y polietilenos) fueron los tratamientos más eficaces en el control de la flora arvense. Los mayores rendimientos de la parte aérea se alcanzaron en el segundo año de cultivo, produciéndose en las camas de cultivo acolchadas con los polietilenos, coincidiendo con los máximos valores de altura, número de flores y tallos por planta. Con respecto al rendimiento de las raíces, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Los acolchados plásticos parecen favorecer la concentración de principios activos en las plantas de *E. purpurea*.

**PALABRAS CLAVE:** Flora adventicia, producción de equinácea, polietileno negro, polipropileno negro, alcámidas.

## ABSTRACT

*Echinacea purpurea* (L.) Moench. is a perennial plant native to North America, used for prevention and treatment of the common cold, flu and other diseases of the upper respiratory tract. Now a days, it is one of the most worldwide used medicinal herbs. This field trial, in Lugo (Galicia), evaluated four weeding methods during three years of *E. purpurea* cultivation: handweeding, mulching with black polypropylene anti-weed net, mulching with black polyethylene film 100  $\mu\text{m}$  thickness and mulching with black polyethylene film 175  $\mu\text{m}$  thickness. The adventitious flora was periodically inventoried, recording the biomass and density of each species as well as the total flora. Furthermore, yield productions in both fresh and dry weight, plant height and number of flowers and stems per plant were determined. Not only were concentrations of alkamides and caffeic acid derivatives analyzed, but also the mineral composition of *Echinacea* aerial parts. The plastic mulch (both net and polyethylene) was the most effective method to control the weed flora. Aerial part greater efficiency was achieved on the second year of cultivation, taking place in the polyethylene-mulched growing beds, agreeing with the maximum height values, number of flowers and stems per plant. Regarding the roots production efficiency no significant differences were found between treatments. The plastic mulch seems to improve the active principles concentration in the *E. Purpurea* plants

**KEYWORDS:** adventitious flora, black polyethylene, black polypropylene, coneflower production, alkamides.



# ÍNDICE

|           |                                                                                         |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>XUSTIFICACIÓN E OBXECTIVOS .....</b>                                                 | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                                               | <b>7</b>  |
| 2.1.      | MERCADO ACTUAL E PRODUCCIÓN DE PLANTAS MEDICINAIS .....                                 | 7         |
| 2.2.      | IMPORTANCIA ECONÓMICA DO XÉNERO <i>ECHINACEA</i> .....                                  | 11        |
| 2.3.      | DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....                                                               | 13        |
| 2.4.      | DISTRIBUCIÓN NATURAL, HISTORIA E ECOLOXÍA.....                                          | 14        |
| 2.5.      | PRINCIPIOS ACTIVOS.....                                                                 | 15        |
| 2.6.      | USO MEDICINAL.....                                                                      | 22        |
| 2.7.      | TÉCNICAS DE CULTIVO.....                                                                | 24        |
| 2.7.1.    | Características dos solos e requirimentos nutricionais.....                             | 24        |
| 2.7.2.    | Problemas de doenzas e pragas.....                                                      | 27        |
| 2.7.3.    | Control de flora arvense .....                                                          | 27        |
| 2.8.      | ANTECEDENTES SOBRE DATOS DE PRODUCCIÓN DE <i>ECHINACEA</i><br><i>PURPUREA</i> .....     | 31        |
| 2.8.1.    | Producción da parte aérea.....                                                          | 34        |
| 2.8.2.    | Producción da parte subterránea .....                                                   | 35        |
| <b>3.</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                         | <b>39</b> |
| 3.1.      | LOCALIZACIÓN DO ENSAIO.....                                                             | 39        |
| 3.2.      | MATERIAL VEXETATIVO E PREPARACIÓN DAS PLÁNTULAS .....                                   | 40        |
| 3.3.      | PLANTACIÓN E MANEXO DO CULTIVO .....                                                    | 41        |
| 3.4.      | PARÁMETROS DETERMINADOS .....                                                           | 43        |
| 3.4.1.    | Recollida da parte aérea da planta .....                                                | 43        |
| 3.4.2.    | Recollida da parte subterránea da equinácea.....                                        | 44        |
| 3.4.3.    | Peso fresco e peso seco da parte aérea da equinácea.....                                | 45        |
| 3.4.4.    | Peso fresco e peso seco da parte subterránea da equinácea .....                         | 46        |
| 3.4.5.    | Relación de altura, número de flores e número de talos en cada tratamento.....          | 46        |
| 3.4.6.    | Determinacións analíticas en planta .....                                               | 47        |
| 3.4.6.1.  | Análise da composición mineral.....                                                     | 47        |
| 3.4.6.2.  | Análise de principios activos por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) ..... | 48        |
| 3.4.7.    | Inventarios mensuais da flora arvense asociada ao cultivo .....                         | 48        |
| 3.5.      | ANÁLISE ESTATÍSTICO .....                                                               | 48        |
| 3.6.      | CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DA ZONA DE ESTUDO .....                                       | 49        |



|            |                                              |           |
|------------|----------------------------------------------|-----------|
| 3.6.1.     | <b>Radiación.....</b>                        | <b>49</b> |
| 3.6.2.     | <b>Temperatura .....</b>                     | <b>50</b> |
| 3.6.3.     | <b>Xeadas.....</b>                           | <b>53</b> |
| 3.6.4.     | <b>Pluviometría.....</b>                     | <b>53</b> |
| 3.6.5.     | <b>Diagramas climáticos .....</b>            | <b>54</b> |
| 3.6.5.1.   | Diagrama ombrotérmico .....                  | 54        |
| 3.6.5.2.   | Balance hídrico .....                        | 56        |
| <b>4.</b>  | <b>RESULTADOS E DISCUSIÓN .....</b>          | <b>61</b> |
| 4.1.       | <b>PRODUCCIÓN .....</b>                      | <b>61</b> |
| 4.1.1.     | <b>Parte aérea .....</b>                     | <b>61</b> |
| 4.1.1.1.   | Biomasa da parte aérea en fresco .....       | 61        |
| 4.1.1.2.   | Rendemento da parte aérea seca .....         | 66        |
| 4.1.1.3.   | Rasgos morfolóxicos.....                     | 71        |
| 4.1.1.3.1. | <i>Altura da planta.....</i>                 | <i>71</i> |
| 4.1.1.3.2. | <i>Número de flores.....</i>                 | <i>73</i> |
| 4.1.1.3.3. | <i>Número de talos .....</i>                 | <i>75</i> |
| 4.1.2.     | <b>Parte subterránea .....</b>               | <b>77</b> |
| 4.1.2.1.   | Biomasa da parte subterránea en fresco ..... | 77        |
| 4.1.2.2.   | Rendemento da parte subterránea seca .....   | 79        |
| 4.1.3.     | <b>Material senescente .....</b>             | <b>81</b> |
| 4.1.4.     | <b>Mortalidade.....</b>                      | <b>83</b> |
| 4.2.       | <b>COMPOSICIÓN MINERAL.....</b>              | <b>84</b> |
| 4.2.1.     | <b>Carbono.....</b>                          | <b>85</b> |
| 4.2.2.     | <b>Macronutrientes primarios .....</b>       | <b>85</b> |
| 4.2.2.1.   | Nitróxeno .....                              | 86        |
| 4.2.2.2.   | Fósforo .....                                | 86        |
| 4.2.2.3.   | Potasio.....                                 | 87        |
| 4.2.3.     | <b>Macronutrientes secundarios .....</b>     | <b>88</b> |
| 4.2.3.1.   | Sodio .....                                  | 88        |
| 4.2.3.2.   | Calcio .....                                 | 89        |
| 4.2.3.3.   | Magnesio.....                                | 90        |
| 4.2.4.     | <b>Microelementos.....</b>                   | <b>91</b> |
| 4.2.4.1.   | Cobre.....                                   | 91        |
| 4.2.4.2.   | Ferro.....                                   | 92        |



|               |                                                                                                                                                       |            |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.4.3.      | Manganeso .....                                                                                                                                       | 93         |
| 4.2.4.4.      | Molibdeno .....                                                                                                                                       | 94         |
| 4.2.4.5.      | Cinc .....                                                                                                                                            | 95         |
| <b>4.2.5.</b> | <b>Metais pesados .....</b>                                                                                                                           | <b>96</b>  |
| 4.2.5.1.      | Arsénico .....                                                                                                                                        | 97         |
| 4.2.5.2.      | Cadmio .....                                                                                                                                          | 97         |
| 4.2.5.3.      | Cromo .....                                                                                                                                           | 98         |
| 4.2.5.4.      | Cobre .....                                                                                                                                           | 99         |
| 4.2.5.5.      | Níquel .....                                                                                                                                          | 99         |
| 4.2.5.6.      | Chumbo .....                                                                                                                                          | 100        |
| 4.2.5.7.      | Cinc .....                                                                                                                                            | 101        |
| <b>4.3.</b>   | <b>PRINCIPIOS ACTIVOS .....</b>                                                                                                                       | <b>102</b> |
| <b>4.3.1.</b> | <b>Alquilamidas .....</b>                                                                                                                             | <b>103</b> |
| 4.3.1.1.      | Parte aérea .....                                                                                                                                     | 103        |
| 4.3.1.2.      | Parte subterránea .....                                                                                                                               | 109        |
| <b>4.3.2.</b> | <b>Ácido achicórico .....</b>                                                                                                                         | <b>111</b> |
| 4.3.2.1.      | Parte aérea .....                                                                                                                                     | 111        |
| 4.3.2.2.      | Parte subterránea .....                                                                                                                               | 117        |
| <b>4.3.3.</b> | <b>Ácido caftárico .....</b>                                                                                                                          | <b>119</b> |
| 4.3.3.1.      | Parte aérea .....                                                                                                                                     | 119        |
| 4.3.3.2.      | Parte subterránea .....                                                                                                                               | 125        |
| <b>4.3.4.</b> | <b>Ácido cloroxénico .....</b>                                                                                                                        | <b>126</b> |
| 4.3.4.1.      | Parte aérea .....                                                                                                                                     | 126        |
| 4.3.4.2.      | Parte subterránea .....                                                                                                                               | 131        |
| <b>4.4.</b>   | <b>RELACIÓN ENTRE OS DISTINTOS PRINCIPIOS ACTIVOS NAS<br/>DIFERENTES PARTES DE <i>ECHINACEA PURPUREA</i> .....</b>                                    | <b>133</b> |
| <b>4.4.1.</b> | <b>Partes aéreas .....</b>                                                                                                                            | <b>133</b> |
| <b>4.4.2.</b> | <b>Parte subterránea .....</b>                                                                                                                        | <b>136</b> |
| <b>4.4.3.</b> | <b>Partes aéreas e parte subterránea .....</b>                                                                                                        | <b>137</b> |
| <b>4.5.</b>   | <b>RELACIÓN ENTRE OS DISTINTOS PRINCIPIOS ACTIVOS E A<br/>COMPOSICIÓN MINERAL NAS DIFERENTES PARTES AÉREAS DE <i>ECHINACEA<br/>PURPUREA</i> .....</b> | <b>137</b> |
| <b>4.6.</b>   | <b>CONTROL DA FLORA ARVENSE .....</b>                                                                                                                 | <b>141</b> |
| <b>4.6.1.</b> | <b>Tratamentos de escarda .....</b>                                                                                                                   | <b>143</b> |
| 4.6.1.1.      | Escarda realizada en maio .....                                                                                                                       | 143        |



|          |                                                                   |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.6.1.2. | Escardas realizadas en xuño .....                                 | 150        |
| 4.6.1.3. | Escardas realizadas en xullo .....                                | 155        |
| 4.6.1.4. | Escardas realizadas en setembro .....                             | 160        |
| 4.6.2.   | Comparativa dos tratamentos de acolchado coa escarda manual ..... | 165        |
| 5.       | <b>CONCLUSIÓN</b> .....                                           | <b>169</b> |
| 6.       | <b>REFERENCIAS</b> .....                                          | <b>171</b> |
|          | <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                                    | <b>185</b> |
|          | <b>ÍNDICE DE TÁBOAS</b> .....                                     | <b>193</b> |





## 1. XUSTIFICACIÓN E OBXECTIVOS

O xénero *Echinacea* pertence á familia das Compostas (*Compositae* ou *Asteraceae*) e ten a súa orixe en Norteamérica. Comprende nove especies, das que tres, *Echinacea angustifolia* DC., *E. pallida* (Nutt.) Nutt. e *E. purpurea* (L.) Moench., teñen unha larga historia de uso medicinal, tanto nos Estados Unidos como en Europa (Mitscher e Cooper, 2004; Eurostat, 2014). *Echinanea purpurea*, coñecida comunmente como equinácea, é a especie dentro do xénero que presenta mellor adaptación a un amplo rango de condicións edafoclimáticas, polo que preséntase como unha candidata ideal para o seu cultivo (Cech e Cech, 2002).

*Echinacea* posúe numerosísimos compoñentes, en especial: aceites esenciais, alcaloides indolizidínicos, compostos fenólicos derivados do ácido caféico, numerosos compostos alifáticos insaturados, sobre todo alquilamidas e polisacáridos. Estes compoñentes tratan unha ampla variedade de trastornos, principalmente infeccións como a sífilis e feridas sépticas, e tamén funcionan como antitoxina fronte ás mordeduras de serpes e septicemia. O interese actual do uso de *Echinacea* céntrase nos seus efectos inmunomoduladores e inmunoestimulantes, especialmente na prevención e tratamento do resfriado común, a gripe e outras afeccións das vías respiratorias.

Nos últimos anos difundíuse o cultivo comercial de *E. purpurea* para satisfacer a demanda das industrias farmacéuticas. Sen embargo, descoñécense moitos dos factores de manexo agronómicos que permiten maximizar o seu rendemento e favorecer a produción dos compostos anteriormente citados. Polo ciclo vexetativo da *Echinacea*, a flora arvense móstrase como un dos problemas principais deste cultivo, xa que a parte aérea morre cada inverno e reinicia o seu ciclo ao ano seguinte, tendo que volver a competir polo espazo. Estudos previos poñen de manifesto a necesidade de controlar as malas herbas para obter boas producións. Por outro lado, o mercado esixe materia seca libre de residuos químicos, por elo neste traballo experimentáronse distintos métodos de control compatibles coa agricultura ecolóxica (escarda manual, malla antiherba e polietilenos de 400 e 700 galgas), buscando os seguintes obxectivos:

- Cuantificación da produción de *E. purpurea* para cada un dos tratamentos.
- Caracterización mineral das partes aéreas de *E. purpurea*.
- Análise dos principais principios activos das distintas partes da equinácea.
- Determinación dos niveis de Pb e As na parte aérea de *E. purpurea* segundo o disposto na regulamentación técnico-sanitaria para a elaboración, circulación e comercio das especies vexetais para infusións de uso alimentario (RD 3176/1983 do 16 de novembro).
- Seguimento da flora adventicia.





## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. MERCADO ACTUAL E PRODUCCIÓN DE PLANTAS MEDICINAIS

As plantas aromáticas e medicinais (PAM) prodúcense e ofértanse nunha ampla variedade de produtos, dende os materiais crus a produtos procesados e envasados como produtos farmacéuticos, os remedios a base de herbas, téis, licores, colorantes, cosméticos, doces, complementos dietéticos, vernices, fogos artificiais e insecticidas (Lange, 2004).

O comercio de PAM está dominado por uns poucos países. En xeral, os principais mercados atópanse nos países desenvolvidos, mentres que a maior parte dos produtos botánicos son exportados dende países en desenvolvemento (Lange, 2006).

A literatura e bases de datos revisadas reflicten a dificultade de pór cifras ás PAM. Lange (2006) dende Alemaña e Moré (2008) dende España dan por imposible a recompilación de cifras de comercio e produción de tódolos produtos botánicos. Esta imposibilidade de estimar con precisión os valores do comercio derivado deste tipo de producións débese á confluencia de varios factores. O primeiro está relacionado precisamente coa comentada diversidade de produtos que a nivel comercial teñen cabida neste termo (plantas medicinais e aromáticas). En segundo lugar hai que resaltar que unha parte importante deste comercio baséase nunha estrutura pouco profesionalizada que traballa a nivel local, moitas veces de maneira non regulada e que alimenta un mercado a veces clandestino dificilmente avaliable e que polo tanto non aparece reflexado nos fluxos de mercado dos distintos países. E por último, os datos que se manexan a nivel mundial para realizar estudos de mercado non son uniformes, así algúns autores máis restritivos recollen só as plantas e os seus derivados empregados unicamente con fins medicinais mentres que outros, menos restritivos, tratan de avaliar o mercado globalmente, intentando recoller a totalidade dos produtos vinculados coas PAM.

Para atopar datos do mercado actual de PAM seguíronse os pasos de Lange (2006) e estudáronse as cifras do comercio exterior da base de datos COMTRADE (commodity trade statistics) da División de Estatística das Nacións Unidas, Nova York. Aclaramos que este é un sistema de recompilación de datos sobre o comercio de mercancías, importacións, exportacións, reexportacións e produtos, por socio comercial, con datos anuais de pesos netos valorados en dólares americanos e con 140 informantes ao ano (o que supón máis do 90% do comercio mundial).

Observando as cifras comerciais das PAM (material de plantas aromáticas e medicinais calificadas como “plantas, partes de plantas para perfumaría, farmacia, etc”), constátase o elevado crecemento experimentado nos últimos oito anos (Táboas 1 e 2). Diferenzas de 110.046 t de plantas medicinais importadas e de 61.104 t exportadas, dos 14 países seleccionados, por valor de 1,3 e 1,6 mil millóns de dólares, comparando cifras de 2005 e 2013, así o demostran. España segue esta tendencia aumentando en case 10.000 t as exportacións e en 2.437 t as importacións, acadando un balance económico positivo de máis de 26 millóns de dólares.



**Táboa 1. Cifras comerciais de España e dos principais importadores e exportadores de material de plantas aromáticas e medicinais (commodity group HS 1211). Os países aparecen en orde descendente con respecto ao valor de mercado (\$ americanos) do ano 2005.**

| País importador    | Valor (\$)           | Cantidad (t)   | País exportador    | Valor (\$)         | Cantidad (t)   |
|--------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------|
| UE-28              | 254.311.321          | 87.111         | China*             | 286.127.132        | 204.835        |
| Estados Unidos     | 188.696.594          | 59.929         | Estados Unidos     | 88.952.478         | 16.203         |
| Hong Kong*         | 144.050.733          | 46.781         | Hong Kong*         | 85.920.632         | 18.262         |
| Francia            | 120.137.000          | 49.096         | Francia            | 84.673.000         | 15.943         |
| Xapón              | 106.582.476          | 26.685         | India              | 76.755.108         | 50.946         |
| Finlandia          | 58.370.089           | 20.735         | UE-28              | 76.713.166         | 15.333         |
| Italia             | 51.403.319           | 12.567         | Finlandia          | 58.408.464         | 11.335         |
| Singapur           | 50.456.566           | 7.580          | Polonia            | 47.892.866         | 18.629         |
| Reino Unido        | 49.987.108           | 8.627          | República de Corea | 45.057.893         | 694            |
| República de Corea | 41.912.226           | 34.511         | Singapur           | 33.276.819         | 2.141          |
| España             | 41.572.450           | 16.318         | España             | 18.539.032         | 4.051          |
| China*             | 32.567.814           | 36.241         | Reino Unido        | 18.444.588         | 2.401          |
| India              | 18.973.429           | 15.265         | Italia             | 15.050.976         | 2.792          |
| Polonia            | 15.905.728           | 6.773          | Xapón              | 3.689.063          | 88             |
| <b>Total</b>       | <b>1.174.926.853</b> | <b>428.219</b> | <b>Total</b>       | <b>939.501.217</b> | <b>363.654</b> |

Fonte: Base de datos COMTRADE, United Nation Statistics Division, Nova York.

\*: Para ser fiel aos datos da fonte, mantense a diferenciación que fai entre o país (China) e a capital (Hong Kong).

**Táboa 2. Cifras comerciais de España e dos principais importadores e exportadores de material de plantas aromáticas e medicinais (commodity group HS 1211). Os países aparecen en orde descendente con respecto ao valor de mercado (\$ americanos) do ano 2013.**

| País importador    | Valor (\$)           | Cantidad (t)   | País exportador    | Valor (\$)           | Cantidad (t)   |
|--------------------|----------------------|----------------|--------------------|----------------------|----------------|
| UE-28              | 446.466.863          | 99.525         | China*             | 1.196.641.210        | 201.788        |
| Hong Kong*         | 393.255.076          | 44.248         | India              | 207.758.289          | 87.745         |
| Estados Unidos     | 358.571.098          | 72.809         | Estados Unidos     | 168.206.077          | 13.892         |
| Xapón              | 269.114.673          | 29.085         | Alemaña            | 148.372.166          | 21.301         |
| Alemaña            | 235.644.913          | 56.924         | UE-28              | 144.153.434          | 18.302         |
| China*             | 212.400.621          | 99.175         | Hong Kong*         | 119.871.804          | -              |
| Singapur           | 169.675.549          | 13.555         | Egipto             | 109.845.029          | 41.743         |
| Francia            | 95.836.281           | 17.190         | República de Corea | 109.379.076          | 742            |
| República de Corea | 93.638.610           | 27.228         | Singapur           | 97.597.650           | 1.906          |
| Malaisia           | 90.587.503           | 13.966         | Polonia            | 66.269.346           | 15.603         |
| España             | 62.583.590           | 18.755         | España             | 65.760.694           | 13.989         |
| India              | 54.830.885           | 30.046         | Francia            | 60.575.962           | 6.607          |
| Polonia            | 27.457.899           | 8.897          | Malaisia           | 9.337.171            | 1.095          |
| Egipto             | 9.666.189            | 6.863          | Xapón              | 2.396.594            | 45             |
| <b>Total</b>       | <b>2.519.729.750</b> | <b>538.266</b> | <b>Total</b>       | <b>2.506.164.502</b> | <b>424.757</b> |

Fonte: Base de datos COMTRADE, United Nation Statistics Division, Nova York.

\*: Para ser fiel aos datos da fonte, mantense a diferenciación que fai entre o país (China) e a capital (Hong Kong).



O uso de plantas medicinais continúa a ser de gran importancia a nivel mundial. As tendencias recentes mostran que o uso de suplementos na dieta segue a incrementarse, no consumo doméstico, pasando do 14,2 % de 1998-1999 ao 18,8 % no 2002 nos Estados Unidos (Kelly *et al.*, 2005). Só en China, o uso de preparados tradicionais xustifican un consumo do 30-50 % do total de produtos medicinais, e a Organización Mundial da Saúde (2003) predice que nalgún momento das súas vidas, o 70% da poboación de Canadá e o 90% da poboación alemá usou un remedio natural.

A nivel europeo, a base de datos da axencia Eurostat, móstranos datos de superficies e toneladas das “plantas ou partes de plantas para uso farmacéutico, fabricación de perfumes ou de consumo humano” do ano 2014. Dentro das especificacións deste grupo, con código: C1580, nos informan da inclusión dalgunhas plantas culinarias, que se utilizan en pequenas cantidades para saborizar as comidas, ou de certas flores comestibles. A propia axencia non ofrece un listado das plantas que entran a formar parte da estatística, limítase a indicar que as principais plantas aromáticas, medicinais e culinarias poden ser: a anxélica (*Angelica* sp.), a albaca (*Ocimum basilicum* L.), a “belladona” (*Atropa* sp.), follas de loureiro (*Laurus* sp.), a macela (*Matricaria* sp.), a herba cicutaria (*Anthriscus* sp.), o ceboliño (*Allium schoenoprasum* Dumort.), o comiño (*Cuminum cyminum* L.), a alcaravía (*Carum* sp.), o estraloque (*Digitalis* sp.), o eneldo (*Anethum graveolens* L.), o fiúncho (*Foeniculum vulgare* Mill.), a xanzá (*Gentiana* sp.), o hisopo (*Hyssopus* sp.), o xasmín (*Jasminum* sp.), a lavanda e o “lavandín” (*Lavandula* sp.), a caléndula (*Calendula* spp.), o ourego (*Origanum* sp.), a melisa (*Melissa* sp.), a menta (*Mentha* sp.), o perexil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss), “vinca” (*Vinca* sp.), a durmideira ou a papoula (*Papaver* sp.), o “psyllium” (parte das sementes de *Plantago ovata* Forssk.), o azafrán (*Crocus sativus*), a “cúrcuma” (*Curcuma* sp.), a xarxa (*Salvia* sp.), o estragón (*Artemisia dracuncululus* L.), o tomiño (*Thymus vulgaris* L.), a valeriana (*Valeriana* sp.), etc (Eurostat, 2014).

Nos últimos datos recompilados na base de datos de Eurostat (cifras do 2014), Bulgaria, Francia e Turquía son os países con máis hectáreas adicadas ao cultivo de plantas aromáticas e medicinais en Europa, con 42, 38 e 30 mil hectáreas respectivamente, seguidas por Polonia e Finlandia con 12 e 10 mil hectáreas. Por debaixo das 7 mil hectáreas atopamos a Lituania, Alemaña, República Checa, Hungría, Croacia, Romanía, Reino Unido e Austria que se aproxima ás 3 mil hectáreas. España só presenta datos ata o 2011, con 13.600 hectáreas dedicadas a plantas aromáticas e medicinais e unha produción de 22.200 t. Das cantidades recollidas en Europa, no 2014, só se mostran os datos de Bulgaria, Turquía, República Checa e Lituania, cuns valores que oscilan entre as cerca de 56 mil toneladas de Bulgaria ás case 3 mil toneladas de Lituania. En canto ao rendemento por hectárea, España presenta no 2011 rendementos de 1,6 t/ha. Xa no 2014, Bulgaria acada rendementos de 1,3 t/ha seguida de República Checa e Turquía que se aproximan á tolenada por hectárea.

Centrándonos en España, é moi difícil cuantificar a produción e venta de plantas medicinais no noso país (aínda que aparezan datos de superficies, producións e rendementos na base de datos de Eurostat, como vimos anteriormente), xa que as estatísticas non son específicas para estas plantas (en agricultura convencional e ata o 2011 en agricultura ecolóxica), e moito menos para cada unha delas.

Segundo o avance do anuario de estatística agraria do 2014 (MAGRAMA, 2014), no ano 2013 cultiváronse en España un total de 13.940 ha, aínda que é probable que a superficie sexa moito maior, xa que só se cuantifican as especies tradicionais e maioritarias (áloe vera, durmideira, macela, tomiño, xarxa, etc.), cunha produción de 22.680 toneladas.

Atopamos máis datos sobre a produción de plantas medicinais en España nas estatísticas de agricultura ecolóxica (dos anos 2001 a 2013), nas que observamos que a cantidade de hectáreas de plantas medicinais e aromáticas en ecolóxico, aumentou das case 2.300 ha rexistradas no ano 2001 (MAGRAMA, 2001), ás 10.935 ha no 2011 (MAGRAMA, 2011) no que as plantas aromáticas e medicinais representan un 1,54 % da superficie total dedicada á produción ecolóxica nese ano (Figura 1). O máximo de hectáreas dedicadas a plantas aromáticas e medicinais en ecolóxico dase no 2006, con máis de 15.000 hectáreas que se traducen nun 4,2 % de superficie ocupada con respecto ao total de superficie dedicada á agricultura ecolóxica no territorio español (MAGRAMA, 2006).



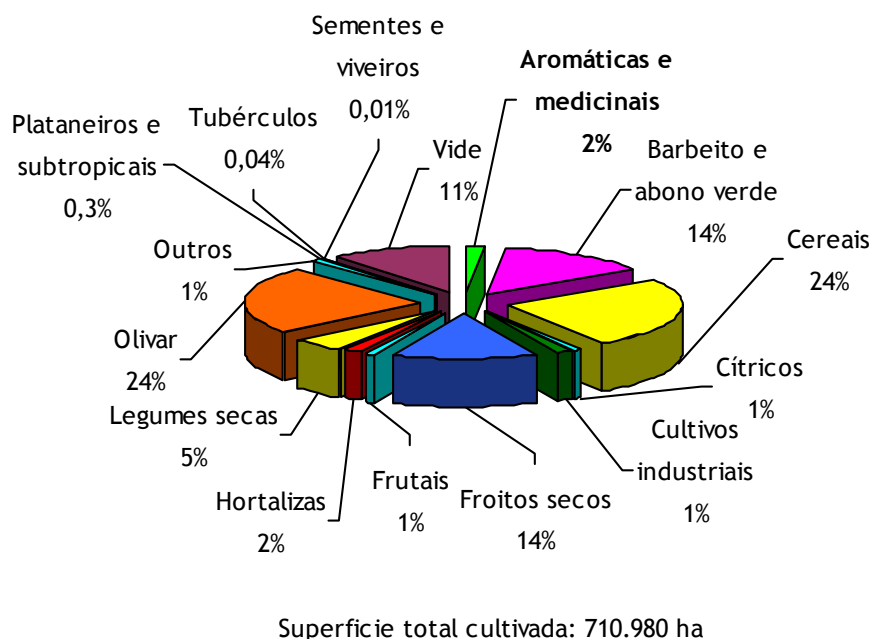


Figura 1. Superficie adicada aos principais tipos de cultivos en agricultura ecolóxica en 2011 (Elaboración propia. Datos das Estatísticas Anuais de Agricultura Ecolóxica do MAGRAMA, 2011).

A Comunidade Valenciana, con 9.388 ha, representa a comunidade autónoma con maior superficie dedicada á produción de plantas aromáticas e medicinais, seguida moi de lonxe por Murcia (420 ha), Aragón (361 ha), Andalucía (244 ha), A Rioxa (200 ha) e Navarra (115 ha), con cerca de 206 hectáreas no conxunto de Castela-A Mancha, Castela e León, Cataluña, Extremadura, Baleares, Canarias, Galicia e País Vasco.

As especies producidas e comercializadas no Estado español en cantidades importantes son a lavanda (*Lavanda angustifolia* Mill), o lavandín (*Lavandula hybrida* Reverchon), a menta (*Mentha* sp), a sarxa (*Salvia officinalis* L. ), o anís (*Pimpinella anisum* L.), o azafrán (*Crocus sativus* L.) e o tomiño (*Thymus* sp). Esta última provén maioritariamente da recolección silvestre mentres que as outras cultívanse. Outras plantas que teñen un mercado importante en España e que proceden case exclusivamente da colleita silvestre son a árnica (*Arnica montana* L.), a herba da gota (*Drosera rotundifolia* L.) e a xanzá (*Gentiana lutea* L.) (Moré e Colom, 2002).

Distintos especialistas, avogan por incentivar o cultivo daquelas plantas medicinais con maior demanda co fin de ofrecer mercados estables, rendibles e de calidade. O cultivo ademais evitaría a merma e incluso a desaparición de especies e poboacións que conleva a colleita silvestre e pode ser unha alternativa de futuro en moitas zonas do rural que están sendo abandonadas.

Entre as especies máis requiridas polos mercados e con maiores saídas comerciais tanto a nivel internacional como nacional, e que polo tanto poderían ser cultivadas no Estado español, está a equinácea (*Echinacea* sp) (Moré e Colom, 2002).



## 2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA DO XÉNERO *ECHINACEA*

O xénero *Echinacea* comprende nove especies, das que tres, *Echinacea angustifolia* DC., *E. pallida* (Nutt.) Nutt. e *E. purpurea* (L.) Moench figuran entre as plantas medicinais máis consumidas no mundo (Brevoort, 1998). A maioría das preparacións que oferta o mercado derivan das partes subterráneas das tres especies antes mencionadas e das partes aéreas de *Echinacea purpurea*, tal e como se amosa na Táboa 3.

Táboa 3. Mostra dos produtos de *Echinacea* dispoñibles no mercado americano, recopilado por Scott Howell no ano 2005 (Riggs e Kindscher, 2006).

| Nome da marca          | Especies <i>Echinacea</i>                                       | Parte da planta          | Cantidade recomendada  | Tipo de produto            |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|
| Alvita                 | <i>E. angustifolia</i> , <i>E. purpurea</i>                     | Raíz e herba             | Non especificada       | Bolsa de té                |
| Celestial Seasonings   | <i>E. purpurea</i>                                              | Raíz e herba             | 775 mg                 | Bolsa de té                |
| Frontier               | <i>E. purpurea</i>                                              | Herba                    | 788 mg                 | Té a granel*               |
| Herbs Etc              | <i>E. angustifolia</i> , <i>E. pallida</i> , <i>E. purpurea</i> | Raíz, herba e sementes   | 40 gotas               | Tintura de alcol*          |
| Herbs for kids         | <i>E. purpurea</i>                                              | Raíz                     | 1 ml                   | Tintura sen alcol          |
| Hy-Vee Health Market   | <i>E. angustifolia</i> , <i>E. purpurea</i>                     | Folla e raíz             | 250 mg                 | Cápsula                    |
| L'il Critters          | <i>E. purpurea</i>                                              | Raíz e partes aéreas     | 25 mg                  | Osos de goma               |
| Naturade               | <i>E. angustifolia</i>                                          | Raíz                     | Non especificada       | Fórmula bebible            |
| Nature's Bounty        | <i>E. purpurea</i>                                              | Partes aéreas            | 400 mg                 | Cápsula                    |
| Nature's Resource      | <i>E. purpurea</i>                                              | Partes aéreas            | 100, 125, 350 e 510 mg | Cápsulas                   |
| Nature's Resource      | Non especificadas                                               | Raíz                     | 35 mg                  | Pastillas                  |
| Nature's way           | <i>E. angustifolia</i> , <i>E. purpurea</i>                     | Talo, folla, flor e raíz | 1 e 2 ml               | Tintura con alcol e sen el |
| Traditional Medicinals | <i>E. purpurea</i>                                              | Raíz                     | 600 mg                 | Bolsa de té                |

\*Orgánico, Orgánico ou silvestre (recolección ética) e 56% orgánico

A equinácea é unha das principais plantas medicinais cultivadas a nivel mundial, debido ao seu elevado valor comercial. Ata fai uns anos, a maioría da equinácea recollida en Norte América era planta silvestre e a sobre explotación das poboacións naturais levou a multiplicar os esforzos para cultivar tódolos tipos de equinácea, aparecendo multitude de estudos para coñecer o parentesco xenético e a diversidade das especies de *Echinacea* con uso comercial (Kapteyn *et al.*, 2002).

Hai varios miles de hectáreas de equinácea cultivadas no noroeste dos Estados Unidos e en Canadá como tamén existen cultivos en Chile, Costa Rica e México. A equinácea tamén e cultivada en Europa e incluso no norte de África (Commonwealth Secretariat, 2001). A maioría dos cultivos son de *Echinacea purpurea*, *E. angustifolia*, e en menor medida *E. pallida* xa que esta última ten mais dificultades de desenvolvemento, sobre todo nas condicións europeas.

O cultivo de *Echinacea purpurea* representa cerca do 65% da *Echinacea* cultivada en Europa, sendo a especie maioritaria en Alemaña, Polonia, España e Finlandia (Táboa 4).



Táboa 4. Superficie cultivada e prezos de especies de *Echinacea* en Europa no ano 2001.

| País      | Especies               | Superficie (ha) | Material           | Prezo (€/kg) | Fonte                    |
|-----------|------------------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------------------|
| Alemaña   | <i>E. purpurea</i> ,   | 60              | Raíz               | 7            | Bomme, 2002              |
|           | <i>E. pallida</i> e    | 20              | Raíz               | 7            |                          |
|           | <i>E. angustifolia</i> | 5               | Raíz               | 13           |                          |
| Polonia   | <i>E. purpurea</i>     | 40-50           | Parte aérea fresca | 0,3          | Seidler-Lozykowska, 2001 |
| Italia    | <i>E. pallida</i> ,    | 30              | Raíz               | 6-8          | Aiello, 2002             |
|           | <i>E. purpurea</i> e   |                 | Raíz               | 6-8          |                          |
|           | <i>E. angustifolia</i> |                 | Raíz               | 10-15        |                          |
| Francia   | <i>E. angustifolia</i> | 17              | Raíz               | 9,15-10,6    | Bouverat-Bernier, 2002   |
| España    | <i>E. purpurea</i> e   | 3               | Raíz               | 6-9          | Cristóbal, 2001          |
|           | <i>E. angustifolia</i> | 1               | Raíz               | -            |                          |
| Finlandia | <i>E. purpurea</i>     | 3               | Produto fresco     | 1,5-1,8      | Galambosi, 2002          |

Fonte: (Aiello, 2002).

Tal e como podemos observar na Táboa 4 Alemaña é o maior produtor de equinácea de Europa e que España, concretamente Cataluña, presentaba no 2001 tres hectáreas dedicadas á produción de *Echinacea purpurea* e unha dedicada a *Echinacea angustifolia*, cun prezo de venta das raíces de 6-9 euros/kg.

No mercado americano, o ano 2002 foi o ano coa demanda de equinácea máis baixa (é o último ano do que se dispoñen de datos). Os resultados das vendas foron de aproximadamente 140 millóns de dólares, atopándose detrás do xinkgo (*Ginkgo biloba* L.), que foi a planta medicinal máis demandada. No ciclo de forte demanda mais próximo, que se corresponde co ano 1996, as vendas daban conta do 9,6 % do total de vendas de herbas nas tendas de alimentación saudable (health food stores) de acordo coas enquisas feitas a dúascentas tendas independentes en 1996 (Richman e Witkoswski, 1996, 1997, 1998), convertendo á equinácea na planta medicinal número un en vendas en América. Un ano máis tarde os produtos de equinácea xeraron uns 325 millóns de dólares en vendas, un 9 % dos 3,6 billóns de vendas dos consumidores nos Estados Unidos. No ano 1998, produciuse un incremento de vendas do 151 % dos produtos de equinácea e as vendas caeron bruscamente no ano 2001, pero a equinácea quedou entre as vinte herbas mellor vendidas; estas vinte plantas correspondéronse co 62 % de vendas nas tendas de alimentación saudable en Estados Unidos (Riggs e Kindscher, 2006).

Os prezos das plantas medicinais poden presentar subidas e baixadas bruscas e a isto contribúe, entre outros factores, a sobre explotación puntual das fontes silvestres. No caso de *Echinacea purpurea*, o seu cultivo a gran escala aliviou a escaseza deste produto levando a unha estabilidade dos prezos. Os datos de que dispoñemos a nivel de produto final, para o ano 2005, aparecen reflexados na Táboa 5.

Táboa 5. Prezos indicativos de materias primas, extractos e aceites esenciais de *Echinacea purpurea* (Market News Service, Centro de Comercio Internacional (UNCTAD/OMC, 2006).

|                                       |                                     |                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| <b>Materias primas:</b>               |                                     |                   |
|                                       | Cabezuelas                          | 4,6 - 7,1 \$/kg   |
|                                       | Raíces                              | 22,4 - 25,3 \$/kg |
| <b>Extractos e aceites esenciais:</b> |                                     |                   |
|                                       | Compostos fenólicos en planta total | 30 - 33 \$/kg     |
|                                       | Raíces                              | 62 - 65 \$/kg     |
| <b>Extractos de aceites:</b>          |                                     |                   |
|                                       | Xugo da planta en 22% de etanol     | 3,75 - 5,5 \$/kg  |
|                                       | Fenólicos en planta total           | 40 - 50 \$/kg     |
|                                       | Fenólicos na raíz                   | 80 - 120 \$/kg    |





### 2.3. DESCRICIÓN BOTÁNICA

A equinácea é unha planta herbácea vivaz (aínda que a maioría a cataloga como perenne, os seus órganos aéreos renóvanse tódolos anos; Figura 2) e pertence a:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: *Asteraceae* (*Compositae*)

Xénero: *Echinacea*

Especie: *Echinacea purpurea* (L.) Moench



Figura 2. Plantas de *E. purpurea* ubicadas no parterre de aromáticas da Escola Politécnica Superior (Lugo).

A nivel de especie podémola atopar como: *Brauneria purpurea* (L.) Britt., *Echinacea intermedia* Lindl., *E. purpurea* (L.) Moench f., *E. purpurea* (L.) Moench var. *arkansana* Steyerm., *E. speciosa* Paxt., *Rudbeckia purpurea* L., *R. hispida* Hoffm. ou *R. serotina* Sweet (WHO, 1999). Os nomes comúns máis utilizados a nivel mundial son: equinácea, coneflower, purple coneflower, purpurfarbener igelkopf, purpurfarbene kegelblume, purpurfarbener sonnenhut, red sunflower e roter sonnenhut.

A palabra *Echinacea* provén da palabra grega “echinos” que significa ourizo de mar ou ourizo, facendo referencia ao aspecto espiñento que mostran as flores centrais do seu capítulo (Figura 2).

As distintas partes que constitúen unha planta de *Echinacea purpurea* son (McGregor, 1968; Mistríková e Vaverková 2007):

A raíz: É forte, terroso aromática e desenvolve multitude de crecementos de madeira coa idade. Mentres que tanto a *E. angustifolia* como a *E. pallida* presentan un talo subterráneo ou rizoma, a *E. purpurea* presenta un rizoma fibroso e ramificado.

O talo: Presenta talos florais erectos, fortes, ramificados, que poden ser pilosos ou glabros, de 60 a 180 cm de altura.

A folla: As follas basais, a rente do chan, dispóñense en roseta e presentan formas ovaais ou ovaais-lanceoladas, coa marxe mais ou menos aserrada, son pecioladas, cos pecíolos de 25 cm de lonxitude e o limbo de 20 cm de longo e 15 cm de ancho, o limbo é amarronado na base, decorrente, con nerviación marcada (3 a 5 nervios). As follas do talo son pecioladas na base e sésiles na parte alta, de 7-20 cm de longo e 1,5-8 cm de ancho, pouco aserradas ou enteiras, ásperas o tacto nas dúas superficies.

A flor: Os capítulos florais son de gran tamaño (1,5-3 cm de longo e 0,5-1 cm de ancho) e presentan: flores centrais fértiles, tubulares, con páleas puntiagudas que son as responsables de darlles a tonalidade púrpura á que se refiren moitos dos nomes comúns (Figura 3), e flores liguladas estériles de gran tamaño, xeralmente rosas (violetas ou moi pálidas). As Páleas presentan unha lonxitude de 0,9-1,3 cm e a corola ten 0,45-0,55 cm de longo con lóbulos de 0,1 cm. Os graos de polen son amarelos de 19-21  $\mu$ m de diámetro, existindo estudos baseados na produción de néctar e da anatomía dos nectarios (Wist e Davis, 2006).



Figura 3. Capítulos florais de *Echinacea purpurea*.

O froito: O froito é un aquenio alongado (0,4-0,45 cm).

A semente: As sementes son moi numerosas, acunadas na superficie do disco, protexidas polas páleas. As sementes son de cor café-claro ou a combinación de dous tons de marrón, despuntadas na base e cóncavas na parte superior, no punto de acoplamento coa corola.

## 2.4. DISTRIBUCIÓN NATURAL, HISTORIA E ECOLOXÍA

O xénero *Echinacea* está amplamente distribuído a través dos Estados Unidos e do sueste de Canada, dende as Montañas Rochosas ata ao Atlántico, tal e como se pode apreciar na Figura 4.

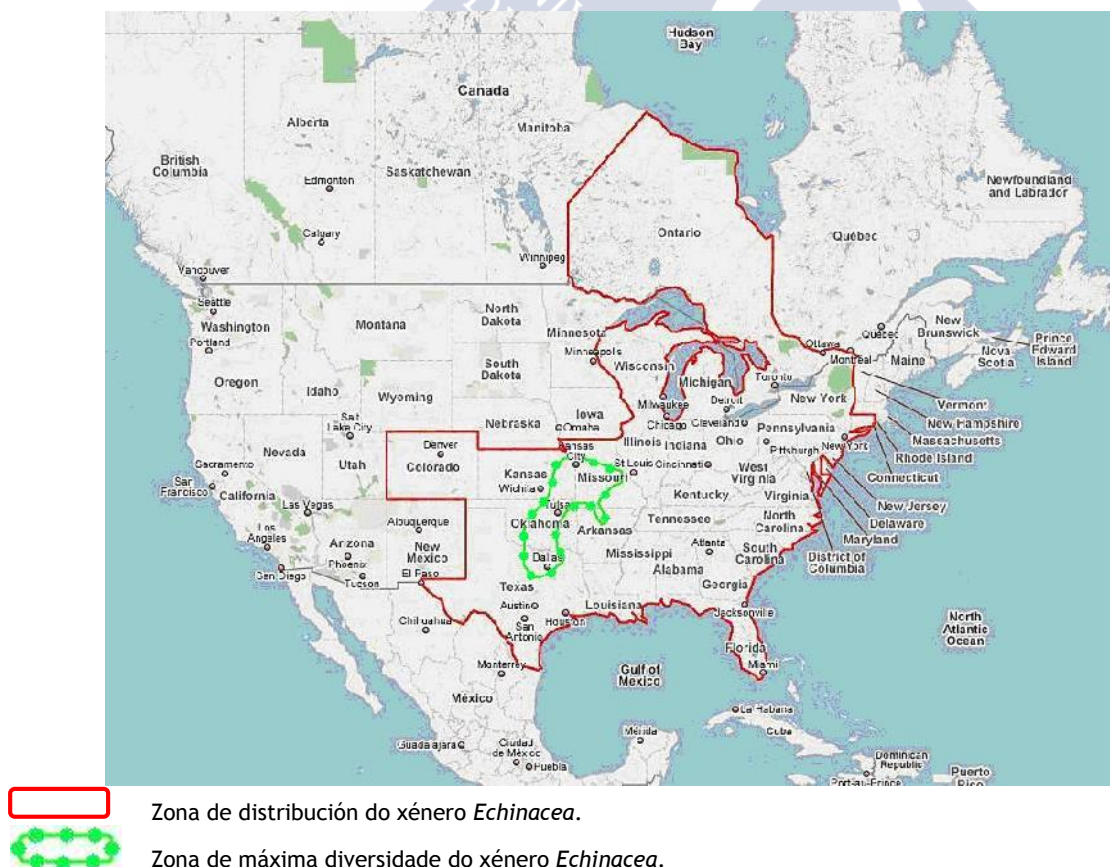


Figura 4. Distribución natural da especie *Echinacea purpurea* (Elaboración propia. Mapa descargado de Google Maps).





O xénero está formado por nove especies, atopando a máxima diversidade delas ao longo dunha área que cruza Oklahoma, Kansas, Missouri, Arkansas e Texas (Figura 4). A *Echinacea purpurea* prefere as praderías e bosques abertos con exposicións parciais ao sol. Está caracterizada por unha distribución descontínua, como todas as especies do xénero, podéndoa atopar dispersa por praderías permanentes do sur de Louisiana ao norte de Carolina, e de Oklahoma e Kansas a través do medioeste a Ohio, Kentucky e Tennessee (McKeown, 1999).

As tres especies con utilidade medicinal, *Echinacea angustifolia* DC., *E. pallida* (Nutt.) Nutt. e *E. purpurea* (L.) Moench, teñen unha longa historia de uso, tanto nos Estados Unidos como en Europa (Mitscher e Cooper, 2004).

A equinácea foi amplamente usada como menciña dende que os médicos eclécticos, descubriron o seu gran valor da man dos indios nativos americanos (Borchers *et al.*, 2000; Moerman, 2008). Anteriormente á colonización, os Blackfoot, Cheyenne, Choctaw, Comanche, Dakota, Delaware, Lakota e Sioux, usaban varias preparacións de equinácea para unha variada cantidade de doenzas (Foster, 1991; Flannery, 1999).

A primeira mención histórica da *Echinacea* atopámola no 1762, mencionada na “Flora virginicus” por Clayton (Foster, 1991; Flannery, 1999) e no 1776 como *Rudbeckia purpurea* descrita por Miller no “Horticultural lexicon” (Galambosi, 2004), aínda que deberíamos mencionar tamén a existencia de “trozos de madeira” (Figura 5), valiosos testamentos da cultura e historia dos Nativos Americanos, onde quedaron reflexadas varias fórmulas medicinais, xeralmente combinacións consistentes en 2 a 8 plantas, nas que os investigadores recoñeceron entre outras: a *Monarda* spp., a *Achillea millefolium*, o *Iris* spp., a *Malva* spp. e a *Echinacea* ssp. (Moerman, 2008).



Figura 5. Pintura sobre táboa de madeira pertencente a pobos nativos americanos onde se representan combinacións de plantas medicinais. Fotografía do National Museum of the American Indian. Colección privada do Smithsonian Institution.

A equinácea foi analizada e testada por vez primeira polo seu uso homeopático en Alemaña e o seu uso médico foi investigado polo Dr. Gerhard Madaus en 1938. A primeira investigación formal de *Echinacea purpurea* realizouse en Schwebheim, Alemaña (Barnickel, 1985). Máis tarde, a investigación agronómica, e o seu cultivo comercial estendéronse dende Alemaña ata varios países europeos, como Polonia, Romanía, Hungría e Eslovaquia. O interese da equinácea pode verse polo número de publicacións; a maioría das citas (55 %) céntranse nas investigacións terapéuticas e farmacolóxicas, o 20 % en temas referidos á agricultura e á horticultura, o 18 % teñen que ver coas análises fitoquímicas e o resto son mesturas de temas (McKeown, 2004).

## 2.5. PRINCIPIOS ACTIVOS

A *Echinacea* é un pequeno xénero dentro das compostas que contén nove especies, todas elas endémicas de Norte América. A investigación química e farmacéutica está centrada nos taxons con importancia medicinal, *E. angustifolia* DC, *E. pallida* Nutt. e *E. purpurea* (L.) Moench. (Brevoort, 1996; Bauer, 1998). As partes da planta utilizadas inclúen os rizomas (normalmente denominados raíces na maioría das referencias bibliográficas) de *E. angustifolia* e *E. pallida*, e menos frecuentemente de *E. Purpurea*. As partes aéreas de *E. purpurea* e a planta enteira en tinturas homeopáticas de *E. angustifolia* e *E. pallida* (Harborne *et al.*, 2004). Presentando os seguintes constituíntes (Barnes *et al.*, 2005):

- Alquilamidas: Polo menos 20, principalmente isobutilamidas de cadea lineal de ácido graxos con enlaces olefínicos e/ou acetilínicos (Principais alquilamidas presentes en *Echinacea purpurea* nas Figuras 6 e 7).

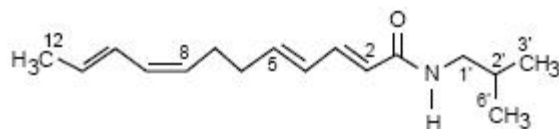


Figura 6. Ácido isobutilamil dodeca-2E,4E,8Z,10E-tetraenoico (alquilamida 8).

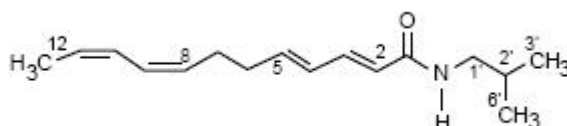


Figura 7. Ácido isobutilamil dodeca-2E,4E,8Z,10Z-tetraenoico (alquilamida 9).

- Fenilpropanoides: Glicósidos de ácido cafeico (como o equinacósido, Figura 8), ésteres de ácido cafeico con ácido quínico (por exemplo: ácido cloroxénico, Figura 9) e con ácido tartárico (p. ex. ácido caftárico e ácido achicórico, Figuras 10 e 11, respectivamente).

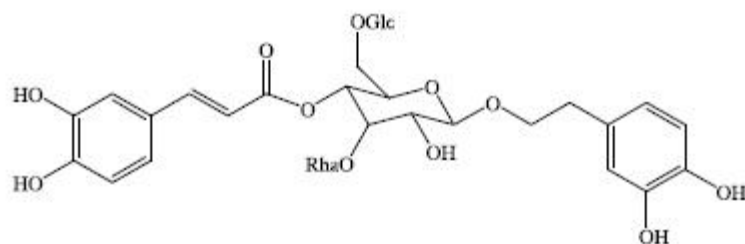


Figura 8. Equinacósido.

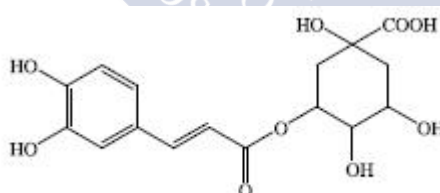


Figura 9. Ácido cloroxénico.

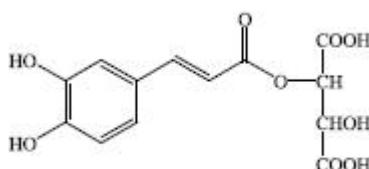


Figura 10. Ácido caftárico.

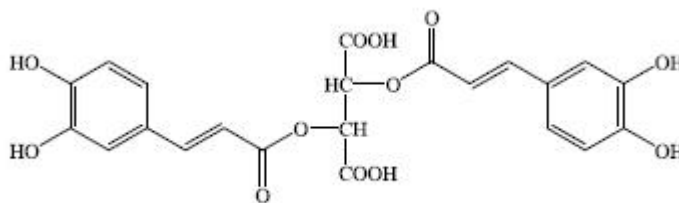


Figura 11. Ácido achicórico.

- Aceites esenciais: Fundamentalmente polienos e poliacetilenos.
- Polisacáridos.
- Outros constituíntes: Entre os que se atopan alcaloides pirrolizidínicos saturados, flavonoides, antocianinas, ácidos fenólicos libres, betaína, ácidos graxos, azucres sinxelos, esteroides e vanilina.

Centrándonos na *Echinacea purpurea*, as raíces caracterízanse pola presenza de ácido achicórico e ácido caftárico (Bauer, 1998). O contido de ácido achicórico atópase no rango de 6 a 21 mg/g en material fresco (en raíces), pero estas cantidades diminúen durante o proceso de manipulación. O ácido achicórico é sensible a degradación enzimática, e isto pode explicar as diferenzas de contidos nas distintas preparacións de *E. purpurea*. O ácido achicórico é bastante abundante tamén en flores, pero moito menor en follas e talos (Bauer, 1997).

As alquilamidas máis abundantes nas raíces de *Echinacea purpurea* son as alquilamidas 8/9 (que foron as dúas alquilamidas analizadas neste estudo) e en menor proporción aparecen a 1, a 5 e a 10. O contido de alquilamidas 8/9 atopado por Bauer e Reminger (1989) estivo dentro do rango de 0,04 a 0,39 mg/g en raíces. O contido atopado en Nova Zelandia foi de 1,7 mg/g en raíces, 5,7 mg/g en rizoma e de 14,1 mg/g nos talos vexetativos. En follas e flores, 0,2 e 2,7 mg/g respectivamente. Os altos niveis nas partes perennes (rizomas e raíces) e nas partes en desenvolvemento (talos vexetativos) foron xustificados pola acción insecticida das alquilamidas, as cales protexen contra as larvas dos insectos herbívoros (Perry *et al.*, 1997).

Test farmacolóxicos de extractos acuosos das partes aéreas de *E. purpurea* aislaron dous polisacáridos (PSI e PSII) con propiedades inmunoestimulatorias (Wagner e Proksch, 1981; Stimpel *et al.*, 1984).

A continuación móstranse os datos recollidos na bibliografía, dos contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico, nas diferentes partes aéreas da planta de *Echinacea purpurea* (Táboas: 6, 7 e 8), así como, nas raíces (Táboa 9).

Táboa 6. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en flores de *E. purpurea*.

| Ano de recollida | Produto    | Alquilamidas (mg/g) | Ac.caftárico (mg/g) | Ac.achicórico (mg/g) | Ac.cloroxénico (mg/g) | Autor/es                      |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| -                | -          | -                   | -                   | 13                   | -                     | Becker e Hsieh, 1985          |
| -                | -          | -                   | -                   | 13 - 30              | -                     | Bauer e Reminger, 1989        |
| 2º               | Seco 40 °C | 2,7 - 2,0           | -                   | -                    | -                     | Perry <i>et al.</i> , 1997    |
| -                | -          | 0,3 - 0,65*         | -                   | -                    | -                     | Albasini <i>et al.</i> , 1998 |
| 2º-3º            | Seco 38°C  | 0,1 - 0,8           | -                   | 14,2 - 46,7          | 0,2 - 0,6             | Letchamo <i>et al.</i> , 1999 |
| 3º               | Seco 40°C  | -                   | 2,68 ± 0,20         | 10,98 ± 0,76         | -                     | Kim <i>et al.</i> , 2000a     |
| 3º               | Seco 40°C  | -                   | 2,14 ± 0,76         | 9,95 ± 1,89          | -                     | Kim <i>et al.</i> , 2000a     |
| 1º               | Seco 40°C  | 0,4 - 1,9           | -                   | 11,5 - 32,3          | -                     | Stuart e Wills, 2000a         |
| 2º               | Seco 40°C  | 2,4 - 3,5           | -                   | 32,5 - 38,3          | -                     | Stuart e Wills, 2000a         |
| -                | -          | 0,01 - 0,3          | -                   | 12 - 31              | -                     | Aiello, 2002                  |
| 2º               | Seco 45°C  | 0,65                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 3º               | Seco 45°C  | 0,30                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 2º               | Seco 40°C  | 1,5                 | -                   | 26,7                 | -                     | Stuart e Wills, 2003          |
| 2º               | Seco 32°C  | -                   | -                   | 11,4                 | -                     | Callan <i>et al.</i> , 2005   |
| -                | -          | -                   | 0,74 - 12,56        | 2,17 - 28,88         | -                     | Kreft, 2005                   |
| -                | Fresco     | 0,62 - 3,42*        | -                   | 2,03 - 31,58         | -                     | Qu <i>et al.</i> , 2005b      |
| 1º               | Seco a 43º | -                   | 23,91               | 94,93                | 5,92                  | Chen <i>et al.</i> , 2008     |
| 2º               | Seco a 43º | -                   | 23,69 - 24,71       | 85,89 - 94,81        | 4,91 - 5,50           | Chen <i>et al.</i> , 2008     |
| 1º               | Seco 35°C  | -                   | 1,10                | 2,62                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 2º               | Seco 35°C  | 0,17                | 1,21                | 2,74                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 3º               | Seco 35°C  | 0,18                | 1,52                | 2,63                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |

\* Alquilamidas totais.

Táboa 7. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en talos de *E. purpurea*.

| Ano de recollida | Produto   | Alquilamidas (mg/g) | Ac. caftárico (mg/g) | Ac. achicórico (mg/g) | Ac. cloroxénico (mg/g) | Autor/es                      |
|------------------|-----------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| -                | -         | -                   | -                    | 2 - 6                 | -                      | Bauer e Reminger, 1989        |
| 2º               | Seco 40°C | 1,3                 | -                    | -                     | -                      | Perry <i>et al.</i> , 1997    |
| -                | -         | 0,28*               | -                    | -                     | -                      | Albasini <i>et al.</i> , 1998 |
| 1º               | Seco 40°C | 0,2 - 1,2           | -                    | 3,8 - 9,0             | -                      | Stuart e Wills, 2000a         |
| 2º               | Seco 40°C | 0,3 - 1,3           | -                    | 8,8 - 10,9            | -                      | Stuart e Wills, 2000a         |
| -                | -         | 0,01 - 0,3          | -                    | 2 - 6                 | -                      | Aiello, 2002                  |
| 2º               | Seco 45°C | 0,27                | -                    | -                     | -                      | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 3º               | Seco 45°C | 0,28                | -                    | -                     | -                      | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 2º               | Seco 40°C | 0,40                | -                    | 7,6                   | -                      | Stuart e Wills, 2003          |
| -                | -         | -                   | 0,23 - 9,19          | 0,30 - 7,75           | -                      | Kreft, 2005                   |
| 1º               | Seco 35°C | -                   | 0,27                 | 0,59                  | -                      | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 2º               | Seco 35°C | -                   | 1,02                 | 0,59                  | -                      | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 3º               | Seco 35°C | -                   | 1,13                 | 0,87                  | -                      | Romero <i>et al.</i> , 2014   |

\* Alquilamidas totais.

Táboa 8. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en follas de *E. purpurea*.

| Ano de recollida | Produto    | Alquilamidas (mg/g) | Ac.caftárico (mg/g) | Ac.achicórico (mg/g) | Ac.cloroxénico (mg/g) | Autor/es                      |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| -                | -          | -                   | -                   | 13                   | -                     | Becker e Hsieh, 1985          |
| -                | -          | -                   | -                   | 4 - 16               | -                     | Bauer e Reminger, 1989        |
| 2º               | Seco 40°C  | 0,2 ± 0,1           | -                   | -                    | -                     | Perry <i>et al.</i> , 1997    |
| -                | -          | 0,25 - 0,54*        | -                   | -                    | -                     | Albasini <i>et al.</i> , 1998 |
| -                | Fresco     | 0,01 - 0,3          | -                   | -                    | -                     | Bauer, 1998                   |
| 3º               | Seco 50 °C | 0,10 - 0,18         | -                   | -                    | -                     | Kim <i>et al.</i> , 2000b     |
| 1º               | Seco 40°C  | < 0,1 - 0,3         | -                   | 4,1 - 28,8           | -                     | Stuart e Wills, 2000a         |
| 2º               | Seco 40°C  | < 0,1 - 0,1         | -                   | 14,5 - 15,3          | -                     | Stuart e Wills, 2000a         |
| -                | -          | 0,01 - 0,3          | -                   | 4 - 16               | -                     | Aiello, 2002                  |
| 2º               | Seco 45°C  | 0,54                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 3º               | Seco 45°C  | 0,25                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 2º               | Seco 40°C  | 0,07                | -                   | 32,5                 | -                     | Stuart e Wills, 2003          |
| 2º               | Seco 32°C  | -                   | -                   | 14,4 - 15,5          | -                     | Callan <i>et al.</i> , 2005   |
| -                | -          | -                   | 2,92 - 32,90        | 3,14 - 52,25         | -                     | Kreft, 2005                   |
| 1º               | Seco a 43º | -                   | 20,63               | 40,32                | 0,20                  | Chen <i>et al.</i> , 2008     |
| 2º               | Seco a 43º | -                   | 6,68 - 15,92        | 6,30 - 29,34         | 0,11 - 0,18           | Chen <i>et al.</i> , 2008     |
| 1º               | Seco 35°C  | -                   | 0,14                | 0,45                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 2º               | Seco 35°C  | -                   | 1,51                | 3,25                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 3º               | Seco 35°C  | -                   | 1,50                | 2,50                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |

\*Alquilamidas totais.





Táboa 9. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en raíces de *E. purpurea*.

| Ano de recollida | Produto    | Alquilamidas (mg/g) | Ac.caftárico (mg/g) | Ac.achicórico (mg/g) | Ac.cloroxénico (mg/g) | Autor/es                      |
|------------------|------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| -                | -          | -                   | -                   | 7,6                  | -                     | Becker e Hsieh, 1985          |
| -                | -          | -                   | -                   | 6 - 21               | -                     | Bauer e Wagner, 1990          |
| 2º               | Seco 40°C  | 1,7 - 14,1          | -                   | -                    | -                     | Perry <i>et al.</i> , 1997    |
| -                | -          | 2,03 - 4,31*        | -                   | -                    | -                     | Albasini <i>et al.</i> , 1998 |
| -                | -          | 0,04 - 0,39         | -                   | 6 - 21               | -                     | Bauer, 1998                   |
| -                | Fresco     | 0,37                | -                   | -                    | -                     | He <i>et al.</i> , 1998       |
| -                | -          | 1,2 - 12,1*         | -                   | 1,4 - 8,0            | -                     | Wills e Stuart, 1999          |
| 1º               | Seco 40°C  | 8,0 - 11,7          | -                   | 10,4 - 30,6          | -                     | Stuart e Wills, 2000a         |
| 2º               | Seco 40°C  | 8,5 - 9,7           | -                   | 19,2 - 23,8          | -                     | Stuart e Wills, 2000a         |
| -                | -          | 0,04 - 0,39         | -                   | 6 - 21               | -                     | Aiello, 2002                  |
| 2º               | Seco 45°C  | 2,25                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 3º               | Seco 45°C  | 2,26                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002a  |
| 3º               | Seco 45°C  | 4,14                | -                   | -                    | -                     | Aiello <i>et al.</i> , 2002b  |
| 2º               | Seco 40°C  | 6,8                 | -                   | 22,1                 | -                     | Stuart e Wills, 2003          |
| 1º               | Seco a 45º | 11,2 - 23,15        | -                   | 1,6 - 40,1           | 6,6 - 11,5            | Loaiza <i>et al.</i> , 2004   |
| 2º               | Seco 32°C  | -                   | -                   | 16,1 - 29,2          | -                     | Callan <i>et al.</i> , 2005   |
| 3º               | Seco 40 °C | -                   | 3,82 ± 0,11         | 18,97 ± 0,19         | LC                    | Pellati <i>et al.</i> , 2005  |
| 1º               | Fresco     | 5,02 - 28,67*       | -                   | 2,65 - 37,52         | -                     | Qu <i>et al.</i> , 2005b      |
| -                | -          | -                   | 2,4 ± 0,2           | 6,2 ± 0,9            | -                     | Wu <i>et al.</i> , 2007       |
| 1º               | Seco 35°C  | -                   | -                   | -                    | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 2º               | Seco 35°C  | 0,15                | 0,68                | 1,81                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |
| 3º               | Seco 35°C  | 0,47                | 0,54                | 1,90                 | -                     | Romero <i>et al.</i> , 2014   |

\* Alquilamidas totais.

## 2.6. USO MEDICINAL

En Europa, e especialmente en Alemaña, fixéronse nos anos 70 e 80 informes científicos e clínicos, avanzando como os remedios feitos a base de plantas, mostraban beneficios terapéuticos e económicos para o consumidor (Schulz *et al.*, 1998). Foi decepcionante para algúns estadounidenses constatar que algunhas herbas endémicas dos Estados Unidos como o palmeto (*Serenoa repens* (Barb.) Small) e a equinácea (*Echinacea* spp.) foron estudadas por científicos europeos, sendo estes os que investigaron as súas utilidades, algunhas únicas, cos seus beneficios terapéuticos buscando nas diferentes especies e nas diferentes partes das plantas as formulacións e dosificacións que non causasen efectos adversos nas persoas (Tyler, 2000).

Como xa indicamos, os indios nativos nmericanos usaron a equinácea amplamente para o tratamento de picaduras de serpes ou doutras picaduras velenosas, rabia, dor de moas, toses, dores de boca e de garganta, dispepsia, catarros, cólicos, dores de cabeza e cambros estomacais (Hobbs, 1989; Kindscher, 1989; Foster, 1991).

O interese actual no uso medicinal da equinácea céntrase nos seus efectos inmunomoduladores e inmunoestimulantes, especialmente no tratamento e a prevención do arrefriado común, a gripe e outras infeccións das vías respiratorias altas (Barnes *et al.*, 2005).

A Comisión Alemá E (German Commission E, 1992), tal e como recolle a Organización Mundial da Saúde (WHO, 1999), aprobou o uso oral das partes aéreas de *Echinacea purpurea* para catarros, infeccións do tracto respiratorio, infeccións do tracto urinario, e como uso tópico para a cicatrización de feridas. As raíces de *E. pallida* (frescas ou secas) tamén foron aprobadas para o uso no tratamento de infeccións como a gripe.

Catro preparacións non foron aprobadas pola Comisión Alemá E (o feito de que estas preparacións non estean aprobadas non quere dicir que non sexan eficaces, como sinalaba Bauer, xa en 1998). Esas preparacións son as partes aéreas de *E. angustifolia* e *E. pallida*, das raíces de *E. angustifolia* e *E. Purpurea*. Non están aprobadas porque se considera que aínda non existe información suficiente para facelo e por culpa de que as investigacións foron feitas cunhas preparacións non identificadas adecuadamente. Isto é debido a que son varias as técnicas de procesado empregadas para as diferentes especies e seccións da planta que son recolectadas (raíces e/ou partes aéreas) e a súa formulación final como extracto de zume exprimido (fresco), extractos alcohólicos, inxectables de zume fresco purificado, tabletas/cápsulas ou infusións (Commonwealth Secretariat, 2001). Son moitos os tipos de formas de produtos finais, dende preparacións simples de raíces secas ou herba en po, zume exprimido ou extractos estandarizados cunha pequena porcentaxe de compoñentes rexistrados. Máis alá de complicados materiais, os ensaios clínicos demostraron un éxito limitado, probablemente debido á carencia de caracterización farmacolóxica do material de estudo (Rininger *et al.*, 2004).

Debido ao exposto anteriormente, na actualidade atopamos numerosos estudos feitos para conseguir distinguir nas diversas preparacións comerciais, as especies de *Echinacea* presentes nelas (Laasonen *et al.*, 2002; Schulz *et al.*, 2002; Greene *et al.*, 2007; Beloborodov *et al.*, 2011). Existen traballos de utilización da espectroscopia ultravioleta (Khan *et al.*, 2015) e incluso traballos de diferenciación a nivel de análise do ADN (Lum *et al.*, 2005; Adinolfi *et al.*, 2007; Russi *et al.*, 2009). No ano 2012 publicouse un libro onde se detallan técnicas que teñen unha sólida aprobación científica en todo o mundo, como os métodos validados para xerar as pegadas dixitais das diferentes clases químicas dos ingredientes activos dos medicamentos a base de herbas (Joshi, 2012). Pero aínda que existen estas técnicas e metodoloxías, investigadores como Applequist e Miller (2013) insisten na necesidade de determinar os adulterantes potenciais, garantir a identificación dos materiais e unha adecuada manipulación, así como que se poida coñecer a orixe xeográfica dos diferentes materiais botánicos.

Como xa se explicou anteriormente, as especies de equinácea conteñen multitude de compoñentes que poden contribuír a unha mellora (non específica) do sistema inmune (Bauer *et al.*, 1998) e que presentan propiedades antiinflamatorias (Müller-Jakic *et al.*, 1994). Cando se revisa a literatura compróbase que as actividade farmacolóxicas non poden atribuírse a un único constituínte ou grupo de constituíntes. Máis ben son varios grupos de constituíntes: derivados do ácido cafeico, alquilamidas, polisacáridos e polienos, os que parecen ser importantes para a súa actividade (Barnes *et al.*, 2005; Hudson, 2012).



Estudáronse extensamente os efectos inmunolóxicos dunha ampla variedade de preparados de equinácea de diferentes especies, partes da planta e tipos de extractos tanto *in vitro* como *in vivo*. No conxunto, os datos indican que os preparados de equinácea teñen efectos en determinados índices da función inmunitaria, aínda que na actualidade non existe unha imaxe clara sobre qué preparado específico teñen a maior actividade. Nos estudos *in vitro*, describíronse diferentes preparados de equinácea que aumentan a función dos macrófagos (Wagner *et al.*, 1988; Rinninger *et al.*, 2000; Senchina *et al.*, 2010) e outros traballos demostraron que, tanto o po de raíz desecada, como as partes aéreas frescas de *E. purpurea* aumenta a resistencia dos linfocitos (Di Carlo *et al.*, 2003; Fonseca *et al.*, 2014). Os estudos *in vivo* realizados en ratas demostraron que a administración de extractos hidroalcolicos de raíces e partes aéreas de *E. purpurea*, contendo concentracións definidas de ácido achicórico, polisacáridos e alquilamidas estimularon a actividade fagocitaria dos macrófagos. A actividade aumentou a medida que aumentaron as concentracións dos tres compoñentes (Goel *et al.*, 2002). En contraste co amplo conxunto de investigacións que apoian os efectos inmunoestimulantes dos preparados de equinácea, algúns traballos describiron unha ausencia de efecto (South e Exon, 2001). No 2014 Karsch-Völk *et al.* recompilaron a información de ensaios aleatorios controlados que comparaban preparacións de *Echinacea* (como único constituínte) con placebo na prevención e no tratamento do arrefriado común. Os produtos de *Echinacea*, avaliados nos diferentes estudos, non demostraron que proporcionaran beneficios para o tratamento dos arrefriados. En febreiro de 2015, Karsch-Völk *et al.* continúan co traballo de revisión e chegan á mesma conclusión. Os resultados mostran que non houbo unha asociación de produtos de *Echinacea* coa prevención do arrefriado común nin cunha menor duración deste; pero suxíren que pode existir un beneficio débil dalgúns produtos de *Echinacea* observándose unha pequena redución na incidencia do arrefriado. Os autores remarcen en cadanseus traballos as limitacións da investigación debido á variedade dos produtos: diferentes especies, partes de plantas e en diferentes formatos, así como dos distintos métodos de avaliación empregados nos ensaios. Polo que conclúen que os estudos futuros deben utilizar preparados ben definidos e que os resultados deriven dun conxunto estándar de medidas nos ensaios clínicos aleatorios.

Con diferentes preparados de equinácea, en estudos realizados *in vitro*, describiuse actividade antivírica (Wacker e Hilbig, 1978; Bodinet e Beuscher, 1991; Thompson, 1998; Binns *et al.*, 2002b). Hudson *et al.* (2005), conclúen que as raíces de *E. purpurea* conteñen un potente ingrediente antiviral soluble en auga, que pode inactivar o virus do herpes simple e o virus da gripe, pero non o *Rhinovirus*. Indicando como conclusión final, que son claras as diferenzas entre as preparacións comerciais de *Echinacea*, polo que os perfís das actividades antivirais poden ser moi distintos, tal e como sinalan Karsch-Völk *et al.* (2014 e 2015) no caso das preparacións avaliadas no arrefriado común. Vimalanathan *et al.* (2005) tamén atopan unha potente actividade contra o virus do herpes simple e do virus da gripe en preparacións de talos, follas e flores de *E. purpurea* en diferentes disolventes, sen atopar actividade anti-*Rhinovirus* en ningunha das fraccións avaliadas. Nos últimos traballos publicados dunha coñecida preparación estandarizada de *E. purpurea* (Sharma *et al.*, 2009; Hudson e Vimalanathan, 2011) constátase a súa potente actividade antiviral, a concentracións non citotóxicas, en particular contra os virus con envoltura (cápsida vírica). Todas as cepas de virus humanos ensaiadas e a gripe aviar, así como o virus do herpes simple, o virus sincitial respiratorio humano (tamén chamado virus respiratorio sincitial ou VRS) e *Rhinovirus* parecen ser moi sensibles a esta preparación estandarizada.

Atopamos tamén que diferentes extractos de raíces de *E. purpurea* presentan actividade fronte varias cepas de levaduras, entre as que destacan *Saccharomyces cerevisiae* e *Candida albicans* (Binns *et al.*, 2000; Barret, 2003), así como preparados estandarizados de *E. purpurea* mostraron actividade contra a bacteria *Propionibacterium acne*, inhibindo a proliferación do organismo e revertendo a inflamación inducida pola bacteria causante do acne (Sharma *et al.*, 2011).

Outras das actividades atribuídas á equinácea é a actividade antimicótica e antiinflamatoria (Mattace Raso *et al.*, 2002; Merali *et al.*, 2003; Soeberdt *et al.*, 2014), propiedades cicatrizantes (Zoutewelle e Wijk, 1989), actividade insecticida (Clifford *et al.*, 2002) e captadora de radicais libres (Kraus e Bae, 2003).

Os ensaios clínicos dos preparados de equinácea centráronse en comprobar os efectos da prevención e do tratamento do arrefriado común, así como doutras infeccións das vías respiratorias altas (Capasso *et*



*al.*, 2003), aínda que o consenso actual é que non existen suficientes probas que permitan recomendar ningún preparado específico de equinácea, nin aconsellar sobre unha dose ou a duración do tratamento óptimos. O tratamento do arrefriado común cos produtos de *Echinacea* non se aborda especificamente nas directrices e recomendacións actuais dadas polo National Institute for Health and Care Excellence (NICE) británico; en xeral asesora en contra do uso da medicina complementaria e alternativa no tratamento do arrefriado, sen mencionar ningún produto de *Echinacea* en concreto (Karsch-Völk *et al.*, 2015). As guías de práctica clínica da National Guideline Clearinghouse (NGC. Agency for Healthcare and Quality, U.S. Department of Health & Human Services) van máis aló e sinalan a posibilidade de reaccións alérxicas polo consumo de equinácea como medicina complementaria; non se recomenda a *Echinacea* no caso de tose aguda e crónica (aínda está en estudo). Na guía de rinosinusite e de rinite alérxica (NGC-9536) considérase, pero non se recomenda a *Echinacea* para o arrefriado común. Polo que respecta a guía de rinosinusite aguda en adultos (NGC-8673), sinalan unha posible eficacia dos extractos de *Echinacea*, pero inciden en que existen datos contraditorios e en definitiva insuficientes (NGC, 2015).

En canto os efectos adversos e consideracións toxicolóxicas existe pouca información. As investigacións clínicas indícanos que existe unha boa tolerabilidade. Bauer (1998) sinala que as preparacións con aplicacións parenterais, poden provocar o aumento da temperatura corporal en 0,5 a 1 °C, estremecimentos e leves síntomas gripais. Raramente poden ocorrer reaccións alérxicas (Lersch *et al.*, 1992). A toxicidade aguda de extractos de raíces e zume exprimido das partes aéreas, ambos de *E. purpurea*, é extremadamente baixa (Mengs *et al.*, 1991).

Cando nos centramos nas interaccións de fármacos con remedios botánicos, atopamos o traballo levado acabo por Meyer e Ramasahayam (2014), onde se suxiren posibles interaccións entre medicamentos e suplementos dietéticos en base ás especies do xénero *Echinacea*. En xeral, tódolos investigadores sinalan a falta de información. A maioría das preparacións botánicas carecen dunha verificación do produto, doses, especies medicinais e partes das plantas utilizadas (Freeman e Spelman, 2008). Merece outra mención especial a necesidade de investigación das interaccións entre tratamentos anti-neoplásicos e paliativos, ademais das combinacións de herbas, debido a que do 30 ao 70 % dos pacientes con cancro utilizan medicinas complementarias e alternativas, combinando herbas coas drogas do tratamento anti-cancerixeno (Haefeli e Carlsa, 2014).

## 2.7. TÉCNICAS DE CULTIVO

### 2.7.1. Características dos solos e requirimentos nutricionais

Ata a data publicáronse moitos artigos de investigación sobre a actividade biolóxica, composición química, uso e efectos medicinais da equinácea (Bauer e Wagner, 1990; Foster, 1991; Hobbs, 1995), pero a información sobre métodos de cultivo, produción e os efectos que os distintos métodos culturais exercen sobre a produción de biomasa e a composición química deste xénero é moi limitada (Galambosi, 2004).

As especies de equinácea xeralmente crecen en solos pobres, rochosos, cunha boa drenaxe e prefiren pH alcalino a neutro, tolerando ben a sombra e a seca (Adam, 2002). Na súa área de distribución natural en América do Norte, as equináceas crecen en solos cun pH comprendido entre 6 e 8. A *E. angustifolia* normalmente atópase en solos ricos en cal. Sen embargo, a *E. purpurea* crece e se produce ben en Nova Zelandia en solos de pH 5,5-6,0 (Parmenter e Douglas, 2001).

A información en requirimentos nutricionais e as necesidades de fertilización das especies de *Echinacea* tamén é moi escasa. En xeral, as instrucións sobre fertilidade son recomendacións moi xerais. Así investigacións alemás propuñan mesturar de 100 a 200 kg/ha de fertilizante mineral NPK = 12:12:20 (Ebert, 1982) e de compost entre as filas de cultivo cada primavera (Heeger, 1956). Esta escaseza de información leva parello o feito de que según o traballo que se consulte a fertilización ten ou non un efecto na produción de *E. purpurea*, así como no contido dos principios activos.

Shalaby *et al.* (1997) indicaron que a aplicación de fertilizantes nitroxenados (247-494 kg/ha) mellora o crecemento das plantas e o rendemento (altura, peso seco da parte aérea, raíces e capítulos florais), ademais de que engadir un baixo nivel de potasio dá mellores resultados que a aplicación de nitróxeno só, confirmando a importancia do equilibrio da relación N/K. Biesiada *et al.* (2006) conclúen





que a fertilización nitroxenada contribúe a aumentar a produción da parte aérea. Aplicando 100 kg de N/ha (sulfato de amonio) conseguen as mellores producións da parte aérea de *E. purpurea* no primeiro e segundo ano despois da sementeira, rexistrando un maior contido en polifenóis aplicando 100 kg de N/ha en forma de nitrato de amonio e urea.

En Exipto, Yousef *et al.*, 2013 obtiveron o mesmo efecto de incremento da produción coa fertilización que Shalaby *et al.* (1997) e Biesiada *et al.* (2006). No ensaio levado a cabo no *Experimental Farm of El-Quassassin Horticultura Research Station, Ismailia Governorate*, no *Agricultural Research Center* de Exipto, analizouse a resposta da *E. purpurea* ao réxime de auga de rega e á aplicación de biofertilizantes (constituídos por bacterias de tipo *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. e *Bacillus megaterio*) en diferentes doses. As plantas cos mellores parámetros de crecemento e rendemento, tanto da parte aérea como do sistema radicular, foron as que se cultivaron coa máxima cantidade de auga de rega e tratados coa dose máis alta de biofertilizantes, pero con respecto aos principios activos, os resultados seguen a tendencia inversa dos rexistrados por Biesiada *et al.* (2006). A aplicación dos biofertilizantes diminuíu significativamente os compostos fenólicos en follas de *E. purpurea*, nas dúas tempadas avaliadas (2012 e 2013).

No ámbito do uso ornamental de *E. purpurea*, Chen *et al.* (2011), no estado de Luisiana (Estados Unidos de América), examinaron o uso de fertilizantes de liberación controlada en sete herbáceas perennes utilizadas en xardinería, entre elas *E. purpurea*. Ao acadar maiores tamaños e melloras na calidade visual da equinácea recomendan a aplicación de 2 comprimidos por planta (7,5 g: 16 N, 3,5 P e 10 K) no momento do transplante da equinácea a campo.

Os resultados expostos pola maioría dos investigadores parecen demostrar que a aplicación de fertilizantes leva a producións e redementos máis elevados, pero existen ensaios nos que isto non se confirma. Dufault *et al.* (2003) en Charleston, Carolina do Sur (Estados Unidos de América), estudaron a influencia dos fertilizantes no crecemento e nos compoñentes activos que marcan a calidade en *E. pallida*, *E. purpurea* e *Tanacetum parthenium*. Os fertilizantes utilizados eran abonos compostos que ían desde os 220 aos 440 kg N/ha, 95-189 kg P/ha e 194-387 kg K/ha. No caso de *E. purpurea*, esta non respondeu aos tratamentos de fertilización, e aínda que non se rexistraron diferenzas significativas, si que existiu unha tendencia negativa da fertilización con respecto ao contido de ácido achicórico (marcador da calidade en *E. purpurea*). En Chile, Bonomelli *et al.* (2005) chega á mesma conclusión que Dufault *et al.* (2003) cun ensaio de cultivo de *E. purpurea* en macetas de 10 L de polietileno, onde se aplican tres tratamentos de nitróxeno: 0, 33 e 100 kg/ha en xullo e agosto do ano de plantación, realizando a colleita no segundo ano de cultivo. Nin os pesos frescos nin os secos do total da planta de equinácea (conxunto da parte aérea e radicular) responderon á fertilización nitroxenada.

En xeral, altas fertilizacións producen unhas altas producións da parte aérea da *Echinacea*, pero unha baixa produción de raíces (Franz, 1983). Segundo Oliver *et al.* (1995) sería suficiente unha fertilización equilibrada, baixa en nitróxeno, cunhas cantidades adecuadas de fósforo e potasio.

En 1986 Bomme publicou as primeiras instrucións para conseguir un bo desenvolvemento de *E. purpurea* coas seguintes recomendacións de fertilización: nitróxeno de 150 a 180 kg/ha, fósforo de 70 a 100 kg/ha e potasio de 220 a 250 kg/ha. Hobbs (1989) aconsella a utilización de fariña de oso ou rocha fosfórica (14,5 a 20 kg/ha) e cinzas de madeira (45 a 51,5 kg/ha) aplicadas antes da sementeira e esterco de vacún ou equino despois da plantación distribuída en tres aplicacións. En Hungría, Praszna (1993) propón as mesmas doses de fertilización, recomendadas por Bomme, adicionando 30 t/ha de esterco no outono previo ao cultivo. Li, en 1994, aconsella a utilización de compost de peixe para incrementar as producións de *Echinacea purpurea*, ademais de abonos verdes como a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Li, 1996), a ortiga (*Urtica dioica* L.) (Li, 1994) e o trevo vermello (*Trifolium pratense* L.) (Hobbs, 1989). En Polonia, as primeiras instrucións para o correcto crecemento de *Echinacea* propoñen de 60 a 80 kg/ha de nitróxeno, 40 a 60 kg/ha de fósforo e 80 a 100 kg/ha de potasio (Mordalski *et al.*, 1994).

De acordo a Dachelr e Pelzmann (1999) en solos con boas condicións as doses desexables de fósforo e potasio serán de 70 e 150 kg/ha respectivamente. A cantidade total de nitróxeno sería de 120 kg/ha, o



cal aplicárase unha vez feita a sementeira, ou despois de realizar o transplante das plántulas no campo e despois do primeiro corte de planta, de esperarse a recollida dun segundo corte.

Estudos máis detallados sobre os requirimentos nutricionais de equinácea (Táboas 10 e 11) foron realizados por investigadores alemáns (Bomme e Wurzinger, 1990; Bomme e Nast, 1998). De acordo cos seus resultados, 1000 kg de *Echinacea* fresca conteñen de 3 a 9 kg de nitróxeno, 1 a 2 kg de fósforo e 4 a 8 kg de potasio. Estas cantidades varían segundo a especie e entre as distintas partes da planta.

Táboa 10. Cantidad de elementos minerais extraídos por *Echinacea purpurea* (kg/ha).

| Biomasa     | Rdto (t/ha) | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO |
|-------------|-------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|
| Parte aérea | 30          | 133 | 38                            | 248              | 44  |
| Raíces      | 15          | 69  | 21                            | 76               | 21  |

Fonte: Bomme e Nast, 1998.

Táboa 11. Cantidad dos principais minerais en 1000 kg de biomasa de *Echinacea purpurea*.

| Biomasa     | N (kg) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg) | K <sub>2</sub> O (kg) | MgO (kg) |
|-------------|--------|------------------------------------|-----------------------|----------|
| Parte aérea | 4,4    | 1,3                                | 8,1                   | 1,4      |
| Raíces      | 4,6    | 1,4                                | 5,0                   | 1,4      |

Fonte: Bomme, 2000.

Tamén en Polonia, as maiores producións obtivéronse con 100 kg/ha de N e K<sub>2</sub>O e con 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Kordana *et al.*, 1998). A falta de nitróxeno é máis significativa na produción da parte aérea seca (a cal decrece), pero o nivel de fertilización non afecta ao contido de principios activos. Berbec *et al.* (1998) obteñen que a produción de biomasa depende do tipo de solo e do nivel de fertilización. A maior biomasa obtívose en solos francos, pero o maior contido de ácidos fenólicos (cloroxénico e caféico) deuse en solos areosos.

Estudos polacos máis recentes (Seidler-Lozykowska e Dabrowska, 2003), cunha fertilización de 60 kg de N/ha, 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg de K<sub>2</sub>O antes do transplante de *Echinacea purpurea* ao campo, conseguiron producións máis elevadas no seu primeiro ano de cultivo. Estas eran plantas recollidas no estado de iniciación floral, con altas concentracións de ácidos polifenólicos nos limbos foliares con respecto ao resto das partes aéreas da planta analizadas (raíces, talos, limbos foliares, pecíolos, capullos foliares, flores e froitos verdes), nos distintos estados de desenvolvemento estudados (roseta, formación do talo floral, plena floración e froitos verdes).

En Italia, Aiello *et al.* (2002a) realizan unha fertilización anual de 50 kg/ha de N (máis 100 kg/ha a finais de maio, antes de plena floración), 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 K<sub>2</sub>O kg/ha, conseguindo no segundo ano de cultivo producións de 31,2 kg/ha de flores, 29,3 kg/ha de follas, 60,2 kg/ha de talos e de 9,3 a 16,4 kg/ha de raíces (en peso seco), decrecendo levemente a produción no 3º ano de cultivo do conxunto da parte aérea e crecendo considerablemente no caso das raíces. Alcanzaron os 35,3 kg/ha de raíces en peso seco recollendo a planta durante o repouso vexetativo.

A Associació catalana de Productors de Plantes aromàtiques i Medicinals (ACPPAM, 2002) elaborou unha ficha de cultivo para *Echinacea purpurea* onde aconsellan na preparació do terreo a realización dun abonado de fondo; seguran as doses recomendadas por Hobbs (1989), sendo outra opción a utilización dun abonado en verde de ortiga ou trevo.

A asociación catalá aconsella tamén establecer o cultivo na primavera, con planta de viveiro, a unhas densidades de 62.500-100.000 plantas/ha, con marcos de plantación de 40-60 cm entre filas e 20-40 cm entre plantas. Para o mantemento do cultivo sinalan que a incorporación de nitróxeno en superficie ao terreo convén facela en dous ou tres momentos diferentes; Tamén recomendan e o abonado potásico e fosfórico durante a preparació do terreo, tendo en conta o nivel de nutrientes presente no solo e a cantidade de nutrientes que a planta precisa para crecer e producir unha certa cantidade de raíz e parte aérea.



### 2.7.2. Problemas de doenzas e pragas

Antes de establecer o ensaio en campo realizouse unha pesquisa dos posibles problemas fitosanitarios de *E. purpurea* e ata aquel momento (ano 2004) eran poucas as enfermidades e os ataques de insectos observados nas áreas de cultivo de *Echinacea* (Galambosi, 2004): *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler (Kucharski, 1997), *Cercospora rudbeckii* PK ou *Septoria lepachydis* Ell. & Ev. que producen manchas foliares, pudricións das raíces causadas por *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dug (Li, 1998), por *Fusarium oxysporum* Schlechtend. (Peichowski *et al.*, 1997) ou por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (Chang *et al.*, 1997). Tamén detectouse a presenza de fitoplasmas en Canadá (Hwang *et al.*, 1997) e máis recentemente en Eslovenia (Radisek *et al.*, 2009) e na República Checa (Fránová *et al.*, 2009). Letchamo *et al.* (2002) sinalan que o aumento das prácticas de cultivo pode propiciar o desenvolvemento de numerosas enfermidades, incluíndo o virus do mosaico do pepino, o virus do bronceado da faba e o virus do mosaico. En 2013, Horst publica un manual sobre as enfermidades que atacan aos pastos, forraxes, flores nativas e flora arvense de plantas do Norte, Centro e no Sur de América, onde se inclúe a *Echinacea*. Aínda que a protección de cultivos non é o obxectivo deste traballo de tese, é importante sinalar que debido á globalización e á circulación de material vexetal (que non ter por que ser só *Echinacea*) haberá que ter moi presente este tipo de traballos para detectar o antes posible calquera tipo de sintomatoloxía.

Na recompilación feita pola Asociación Catalana de Productors de Plantes Aromàtiques i Medicinals (ACPPAM, 2002) numéranse tamén unha serie de enfermidades que pode sufrir a equinácea durante o seu crecemento en viveiro, típicas nos invernadoiros: podremia branda (*Botrytis cinerea* Pers.), a podremia do colo (*Rhizoctonia solani* Kühn) ou o mal do colo (*Pythium* sp.).

No que respecta aos ataques de insectos, Li (1998) recolle danos producidos pola larva da bolboreta *Chlosyne gorgone* (Hübner, 1810) en follas de *E. pallida* e do coleóptero *Ligyrocorys barberi* (Sweet, 1986) nas sementes do xénero *Echinacea*. *Philenus spumarius* L.; *Phytomyza atricornis* Mg., *Liriomyza strigata* Mg. e *Lygus* sp. foron observados en cultivos de *E. purpurea* en Polonia (Kucharski, 1997). Outras especies de insectos tamén poden afectar ás plantas de equinácea, sobre todo no período de permanencia das plantas no invernadoiro (nas condicións de campo aberto este tipo de ataques non aparecen recollidos na literatura): moscas brancas como *Trialeurodes vaporariorum* Westwood ou *Bemisia tabaci* Gennadius, trips como *Thrips tabaci* Lindeman ou *Frankliniella occidentalis* Pergande, lepidópteros minadores de follas e pulgóns (ACPPAM, 2002).

Li (1998) tamén recolle danos producidos polo nematodo *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) en Ontario (Canadá) e menciona a utilización de métodos de control biolóxicos para bacterias e fungos que afectan a *E. purpurea*, polo que se presupón que algunha bacteria tamén ten afectado a plantas desta especie.

### 2.7.3. Control de flora arvense

Polo ciclo vexetativo da equinácea a flora arvense preséntase como o problema principal deste cultivo, xa que é unha planta vivaz e cada ciclo vexetativo que comeza ten que volver a competir polo espazo.

Aínda que o control das malezas é un factor moi importante ao longo do ciclo de cultivo da equinácea, é especialmente importante no primeiro ano (Galambosi, 2004). En pequenas áreas de cultivo o método xeral de loita contra as malezas é a escarda mecánica entre filas e a escarda manual entre plantas. Normalmente realízanse 2 a 4 veces por ciclo de cultivo, segundo o grao de infestación da parcela (ACPPAM, 2003).

En caso de sementeira directa con altas densidades de plantas, o método máis eficaz para controlar as malezas sería a utilización de herbicidas, pero non existen materias activas rexistradas para a súa utilización na produción de cultivos en agricultura ecolóxica, R (CEE) N° 2092/91 do 24 de xuño de 1991. É Polonia o único país europeo que ten rexistrados herbicidas para a súa utilización na produción de *E. purpurea*. Neste país foron realizados varios experimentos destinados á elaboración de métodos de

control químico para *E. purpurea* (Kordana *et al.*, 1996; Kucharski, 1997). Kucharski (2000) comprobou que os residuos dos herbicidas testados nas mostras de planta presentaban niveis permisibles.

Un método de control de flora adventicia, complementario á escarda mecánica e permitido en agricultura ecolóxica, é a utilización de algún método de acolchado. O uso de acolchado plástico utilízase comunmente, xa que proporciona maiores vantaxes cás conseguidas con materiais de orixe mineral ou vexetal (difíciles de mecanizar) utilizados dende antigo na cobertura de solos. Os acolchados con plástico inflúen de maneira notable na:

- Humidade do solo: debido a que o polietileno é impermeable ao vapor de auga e aos líquidos, impide a evaporación da auga do solo e consegue que se manteña a disposición das plantas cultivadas (Ashworth e Harrison, 1983). Desta maneira beneficianse dunha alimentación constante e regular, independentemente da climatoloxía externa. Grazas a esta técnica aprovéitase de maneira eficiente a auga de rega e a utilización de abonos (Lamont, 1993).

As leves perdas por evaporación que se producen polos buratos de plantación, son compensadas pola recuperación das augas de chuvia a través dos talos das mesmas.

- Temperatura do solo: durante o día o plástico transmite ao solo as calorías recibidas polo sol, facendo o efecto invernadoiro. Durante a noite o filme detén en certo grao, en función do tipo de polietileno, o paso das radiacións caloríficas do solo á atmosfera, protexendo as plantas das baixas temperaturas do exterior (o plástico negro é o que peor retén a calor) (Voorhees *et al.*, 1981; Liakatas *et al.*, 1986).

- Estrutura do solo: o solo acolchado con cubertas plásticas presenta unha estrutura ideal para o desenvolvemento das raíces das plantas. A compactación do terreo decrece incrementándose o nivel de CO<sub>2</sub> ao redor da planta (Clarkson e Frazier, 1960; Bonanno e Lamont, 1987). Estas fanse mais numerosas e mais largas en sentido horizontal. Co aumento das pequenas raíces incrementase a succión de auga e nutrientes polas plantas (Wien *et al.*, 1993), conducindo a obter maiores rendementos.

- Fertilidade do solo: a elevación da temperatura e a humidade do solo como consecuencia da protección ofrecida pola cuberta plástica, favorece a nitrificación e, polo tanto, a absorción do nitróxeno polas plantas. Ademais de evitar o lavado do solo polas chuvias.

- Calidade da produción: os filmes plásticos actúan de barreira de separación entre o solo e a parte aérea das plantas, obténdose planta cunha calidade e presentación que a fai mais atractiva de cara a súa venta.

Todos estes efectos producidos polo acolchamento con plásticos (Martín, 1971; Dubois, 1980; Bauman, 1988; Díaz *et al.*, 2001) dos solos súmanse ao control da flora arvense, xa que as láminas plásticas, independentemente da súa cor, axudan a diminuír as malezas, xa que aínda que estas aparezan, o plástico acaba por afogalas polas altas temperaturas que se orixinan debaixo do mesmo. Por suposto, é aconsellable o emprego de láminas plásticas de cores escuras, xa que non son permeables á luz solar, o que optimiza o seu efecto de loita contra as adventicias.

Ademais destas vantaxes, é preciso ter en conta os inconvenientes que pode levar asociados o uso deste tipo de acolchados. Díaz-Pérez *et al.* (2007) demostraron como as altas temperaturas alcanzadas na zona radicular das tomateiras, en acolchado plástico, favorecen a aparición temperá dos síntomas do virus do moteado do tomate (Tomato Spotted Wilt, TSWV), enfermidade que afecta á produción do tomate en varias rexións do mundo. Outro inconveniente mais xeneralizado do uso de cubertas plásticas, é a problemática da retirada e o vertido das láminas despois da colleita e a dificultade de reciclar o polietileno procedente dun acolchado.

Coa utilización de acolchados plásticos búscase obter colleitas abundantes, precoces, sas e limpas, reducindo as regas, as labores culturais e a man de obra. Siwek *et al.* (1994) atoparon un 10,3% de incremento no rendimento comercial de pementeiros (*Capsicum* sp.) cultivadas en túneles plásticos e acolchadas con polietileno negro. En oito distritos de Bangladés (India), Ashrafuzzaman *et al.* (2011) avaliaron o efecto de distintos acolchados plásticos no crecemento e rendimento de chile (*Capsicum annuum* L.). Os resultados amosan que as plantas que se desenvolveron en plástico negro tiñan o número máximo de froitas e maiores rendementos, ademais dos máis altos contidos de clorofila-a, clorofila-b,



clorofila total e vitamina C. Libik *et al.* (1994) obtiveron tamén resultados igualmente interesantes no cultivo de leituga (*Lactuca sativa* L.) e sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai] cun efecto no rendemento tres veces mellor que en relación ao solo nu. Fontanetti *et al.* (2001) atoparon que os acolchados plásticos proporcionaron as máis altas produtividades e os valores máis elevados en contidos de clorofila, nitróxeno, fósforo, xofre, boro e en acumulación de ferro nas follas de leituga.

A utilización de acolchados plásticos dáse tamén na produción doutro tipo de pequenas froiteiras e hortalizas como: amordeiras, *Fragaria vesca* L. (Himelrick *et al.*, 1993; Demirsoy *et al.*, 2012; Fan *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2014; Shiukhy *et al.*, 2015), tomateiras, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Gabriel *et al.*, 1994; Singh *et al.*, 2009; Abubaker, 2013; de Lucena *et al.*, 2013; Bakht e Khan, 2014), melón, *Cucumis melo* L. (Bonanno e Lamont, 1987; Costa Morais *et al.*, 2010; Kosterna *et al.*, 2010; Nava, 2011) e incluso en pataca (*Solanum tuberosum* L.) en rexións semiáridas de China (Wang *et al.*, 2005; Hou *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2012).

Na actualidade búscanse alternativas ao uso de acolchados plásticos en horticultura. Anzalone *et al.* (2010) avaliaron diferentes tipos de acolchados en cultivos de tomate en Zaragoza, e aínda que os maiores rendementos acadáronse nas fileiras acolchadas co polietileno negro, o acolchado con papel de envolver (papel de estraza en castelán), o plástico biodegradable e a palla de arroz resultaron prometedores substitutos potenciais para o polietileno negro e os herbicidas. Outra opción coa que se está a traballar é a utilización de plásticos reciclados. En Cracovia (Polonia), Siwek *et al.* (2007) cultivaron leituga e apio utilizando acolchados procedentes do reciclado de polietilenos transparentes, brancos e negros acadando bos rendementos en ámbolos dous cultivos.

Nos sistemas ecolóxicos a utilización de acolchados opacos é habitual para o control da flora arvense. As últimas publicacións analizan diferentes tipos de acolchados biodegradables de orixe orgánico, que poidan substituír os polietilenos (Martín-Closas e Pelacho, 2004; Moreno *et al.*, 2004; Cirujeda *et al.*, 2007; Kijchavengkul *et al.*, 2008; Moreno e Moreno, 2008; Miles *et al.*, 2012), así como de películas plásticas degradables, en xeral, polietilenos lineais de baixa densidade (Kasirajan e Ngouajio, 2012; Yang *et al.*, 2015). Nestes traballos atopamos boas alternativas ao polietileno negro, pero todas elas están destinadas a producións nun so ciclo de cultivo, coa posterior degradación do acolchado no terreo. Para cultivos plurianuais non hai alternativas equivalentes, polo que se tolera a utilización do polietileno en agricultura ecolóxica.

Centrándonos na utilización de acolchados plásticos en planta aromática e medicinal, Ricotta e Masiunas (1991), da Universidade de Illinois, atoparon incrementos na produción en peso fresco e peso seco en albaca (*Ocimum basilicum* L.) e romeu (*Rosmarinus officinalis* L.). Non sendo así para o perexil (*Petroselinum crispum* Nym.), pero recomendan a utilización dos plásticos negros para o control da flora arvense para producións libres de herbicidas.

Galambosi e Szebeni-Galambosi (1992), do Centro de Investigación Agrícola de Finlandia, traballaron no control de malezas en especias, plantas aromáticas e medicinais con plásticos negros, atopando aumentos de 0,2 a 6 °C na temperatura do solo e incrementos do 20 o 40 % en produción, sinalando ademais a facilidade de mecanización e a diminución nun 65-80 % do control manual das malezas.

Palada *et al.* (2000), da Universidade das Illas Virxes, avaliaron distintos tipos de acolchados orgánicos e sintéticos na produción de albaca (*Ocimum basilicum* L.) conseguindo, no 1991, os pesos de folla (en fresco) máis elevados nas parcelas acolchadas con plástico negro e incrementos na eficiencia do uso da auga en tódolos tratamentos estudados.

Na Universidade de Torino, en Italia, Nicola *et al.* (2002) avaliaron distintos tipos de telas plásticas e coberturas de orixe natural en cantroxos (*Lavandula officinalis* Chaix.) e romeu (*Rosmarinus officinalis* L.), obtendo un control eficaz das malezas e ao mesmo tempo un mellor desenvolvemento dos cultivos. Hoeberechts *et al.* (2004), tamén da Universidade de Torino, concluíron que o cantroxos e o romeu alcanzan maiores pesos e anchuras cos solos cubertos con polietilenos e acolchados transpirables, ámbolos dous negros.

Na Warsaw Agricultural University (WAU) de Polonia, Obidoska *et al.* (2004) avaliaron a posibilidade de obter sementes de *Withania somnifera* (L.) Dunal. (planta medicinal subtropical) capaces de xerminar a partir de plantacións de campo nas condicións climáticas polacas. Atopando un incremento

significativo no número de sementes por metro cadrado e na porcentaxe de sementes con capacidade xerminativa coa utilización de acolchados de plástico negro. Hai que ter en conta, e así o sinalan os autores, que o ano en que se realizou o ensaio de campo (2000) foi un ano favorable, cuns setembro e outubro cálidos e secos.

Mendonça *et al.* (2005) recomendan a utilización de acolchados de plástico negro no cultivo de melisa (*Melissa officinalis* L.), xa que, segundo se desprende dos ensaios levados a cabo na Universidade Federal de Sergipe (São Cristóvão, Estado de Sergipe, Brasil), o acolchado promove o desenvolvemento e mellora a produción de biomasa e de aceite esencial, reduce a presenza de malezas (minimizando os custos posteriores á colleita) e ademais favorece a presenza de entomofauna asociada á melisa.

En Galicia avaliáronse os efectos de acolchados inorgánicos (malla de polipropileno, polietileno negro de 100 micras e polietileno negro de 175 micras) sobre as lactonas sesquiterpénicas (LS) nun cultivo de herba dos carpinteiros (*Achillea millefolium* L.). Neste ensaio a maior diversidade de LS rexistrouse nas parcelas de polipropileno e nas control. Aínda que as bancadas acolchadas co polietileno negro de 100 micras acadaron incrementos significativos en 8-desacetilmatricarin, unha LS con interese biolóxico e farmacolóxico (González-Hernández *et al.*, 2013).

Noutras investigacións de plantas aromáticas e medicinais os obxectivos dos estudos non estaban orientados a avaliar a utilización de acolchados, pero si os usaban como método de control de arvenses.

En Noruega Rohloff *et al.* (2000) cultivaron herba dos carpinteiros (*Achillea millefolium* L.) en acolchado plástico en filas triplas con 25-30 cm entre plantas e 50 cm entre fileiras.

En Finlandia Galambosi *et al.* (2002) cultivaron, utilizando como acolchado o plástico negro, seis especies de herbas de folla: *Dracocephalum moldavica* L., *Origanum majorana* L., ourego grego (*Origanum heracleoticum* L.), xarxa (*Salvia officinalis* L.), tomiño (*Thymus vulgaris* L.) e *Satureja hortensis* L.. Tamén en Finlandia cultivaron unha especie de planta con flor (familia Crassulaceae), que se desenvolve nas rexións frías do mundo, a *Rhodiola rosea* L. (Galambosi *et al.*, 2009).

En Italia (Sicilia) cultiváronse: coandro (*Coriandrum sativum* L.), fiuncho (*Foeniculum vulgare* Mill.) e *Plantago psyllium* L. (Carrubba e Militello, 2013). En Eboli, sur de Italia (Provincia de Salerno) romeu, (*Rosmarinus officinalis* L.) (de Falco *et al.*, 2006).

Nos Estados Unidos cultivouse albaca (*Occimum basilicum* L.), albaca morada (*Ocimum basilicum* L.), *Lavandula angustifolia* Mill. e *Hyssopus officinalis* L. (Zheljaskov *et al.*, 2008a; Zheljaskov *et al.*, 2008b; Zheljaskov *et al.*, 2012).

Outras especies con propiedades medicinais cultiváronse en solos acolchados con plásticos negros como o sabugueiro [*Sambucus nigra* sbsp. *canadensis* (L.) R. Bolli] en Canadá (Charlebois, 2007) e o xénero *Pogostemon* (orixinario das rexións tropicais e subtropicais de África, Asia e noroeste do Pacífico) en Brasil (Blank *et al.*, 2011).

Traballos específicos do uso de acolchados plásticos para a produción de *Echinacea purpurea* atopámoslos en Finlandia. Galambosi *et al.* (1993) transplantou ao campo equinácea sementada de 4 a 5 semanas en terreo acolchado con polietileno negro, utilizando unha densidade de 6-8 plantas/m<sup>2</sup>. O solo foi abonado con 600 kg/ha de NPK 10:7:14 e cun fertilizante foliar nitroxenado (50 kg/ha) en xullo. O total de biomasa ao final do segundo ano de cultivo foi de 3-6 kg/m<sup>2</sup>, correspondéndose ás raíces o 10-13 %, aos talos o 42-45 %, ás follas o 30-36 % e ás flores o 6-10 % do total do peso seco. A distancia entre as filas de acolchado era de 50-60 cm e o control da flora arvense, entre filas, facíase cun cortacésped. Para o control das malezas nos furados dos acolchados plásticos, onde se situaban as plantas, realizaron de 2 a 4 escardas manuais durante o período vexetativo; observaron que a alta temperatura do solo debaixo do plástico incrementou nun 114 % o peso fresco das plantas en comparación coas plantas desenvolvidas en solo nu.

Svein e Steinar (2006), en Noruega, compararon distintos tipos de acolchados plásticos, de fibras e de papel, para catro plantas perennes, entre elas a *Echinacea purpurea*. Acolcharon parcelas de 1,3 m x 12 m con 15 plantas por parcela, distribuídas en tres filas cunha distancia entre filas e entre plantas de 40 cm. Fertilizaron o terreo, antes do transplante, con 800 kg/ha de abono mineral NPK 15:4:12. As mais altas producións déronse nas parcelas acolchadas con plásticos escuros (marrón e negro), tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo, con 607-648 g/m<sup>2</sup> (peso seco) e 1025-1308 g/m<sup>2</sup> (peso seco) respectivamente.



Tamén en Noruega, Solberg e Dragland (2007) avaliaron distintos tipos de acolchados plásticos en catro cultivos de medicinais perennes, dentro dos que estaba incluída a *E. purpurea*. Para todas as especies os rendementos máis elevados acadáronse cando se utilizaron coberturas plásticas de color escuro e relacionan estes resultados coa temperatura do solo e do contido de N mineral do solo.

Na meseta norte de Nova Gales do Sur (Australia), Kristiansen *et al.* (2008) puxeron a proba a eficacia e rendibilidade das prácticas de manexo de malezas utilizadas polos agricultores australianos que traballan en ecolóxico con varios ensaios de campo de leituga (*L. sativa*) e equinácea (*E. purpurea*). Os métodos de control de flora avaliados foron: desherbado manual, a labra do solo, acolchado con feo, acolchado de papel granulado e un tratamento de control sen desherbado. Na equinácea o desherbado manual e o acolchado de feo reduciron o crecemento de malas herbas un 90% en comparación co control, mentres que a labra do solo só reduciu os niveis de malezas nun 50%. Os métodos de desherbado máis caros (desherbado manual e o acolchado de feo) produciron os rendementos máis altos, pero foron un 25-50 % menos rendíbeis que os métodos máis baratos, supoñendo un elevado custo para os agricultores en ecolóxico en Australia.

En Galicia, previo ao estudo que aquí se presenta, realizouse un ensaio de control de flora arvense nun cultivo de *E. purpurea* en Palas de Rei (Lugo). Neste ensaio probáronse cinco métodos de control de adventicias: acolchado con polietileno negro, acolchado con glute de millo, acolchado vivo de trevo branco, escarda térmica e aplicación de metribucina (herbicida selectivo sistémico de pre e post-emerxencia). O método que resultou máis efectivo, tanto no control de adventicias como na produción de biomasa da planta medicinal, foron as cubertas plásticas de polietileno (Romero *et al.*, 2014).

## 2.8. ANTECEDENTES SOBRE DATOS DE PRODUCCIÓN DE *ECHINACEA PURPUREA*

A produción de *Echinacea purpurea*, ao igual que sucede co resto de cultivos, depende de multitude de factores, como das sementes (silvestres, comerciais) e calidade das mesmas, clima, tipo de solo, época de sementeira ou transplante, método de cultivo utilizado (densidade de plantación, uso ou non de acolchados, utilización de bancadas, cultivo hidropónico, ...), técnicas de fertilización, anos de permanencia do cultivo, época de colleita ou manexo da postcolleita (Kindscher e Riggs, 2006).

A *E. purpurea* non só se cultiva con fins medicinais, senon tamén como planta perenne decorativa, para flor cortada e para a produción de néctar de cara á elaboración de mel (Galambosi, 2004).

Case un 80% da literatura revisada oríéntase á produción da parte subterránea de *E. purpurea* (xeralmente raíces con dous anos de permanencia en campo), tal e como podemos observar nas Táboas 12 e 13, atopando poucos traballos que fagan referencia a rendementos da parte aérea da equinácea (Táboa 12). Profundizando, obsérvase que unha grande parte dos traballos aportan datos de rendementos avaliando, sobre todo, a utilización de diferentes densidades de sementeira (Parmenter *et al.*, 1992; Parmenter e Littlejohn, 1997; Parmenter e Douglas, 2001; Callan *et al.*, 2005), de distintos métodos de plantación (Seemannová *et al.*, 2006), de diferentes formas de manexo do solo (solo nú ou cubertas inorgánicas, orgánicas ou vivas) para o control da flora arvense e recollida da auga de choiva (Gosar *et al.*, 2010; Gosar e Baricevic, 2011; Romero *et al.*, 2014), de distintas épocas de establecemento do cultivo (Aiello *et al.*, 2002b) ou avaliando o contido en principios activos de diferentes partes das plantas da equinácea (Kreft, 2005; Seemannová *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2008). Dentro deste grupo, algúns rexistran os rendementos en diferentes estádios de desenvolvemento das plantas (Aiello *et al.*, 2002a; Seidler-Lozykowska e Dabrowska, 2003).

Son moi escasos os traballos que aportan parámetros morfolóxicos das plantas (Táboa 13) e o máis habitual é que só se rexistren datos de altura e de número de flores por planta (Aiello *et al.*, 2002a; Callan *et al.*, 2005; Kreft, 2014; Chen *et al.*, 2008).



Táboa 12. Datos recollidos da literatura (en vertical, diferentes autores) sobre rendementos da parte aérea de *E. purpurea* de 1 a 3 anos de permanencia en campo.

|                                     | Anos | 1         | 2   | 3    | 4   | 5    | 6    |
|-------------------------------------|------|-----------|-----|------|-----|------|------|
| Rendemento aéreo total<br>(t MS/ha) | 1º   | 4,5 - 6,9 | 1,7 | -    | -   | 10,3 | 1,5  |
|                                     | 2º   | -         | -   | 12,1 | -   | -    | -    |
|                                     | 3º   | -         | -   | 10,6 | -   | -    | -    |
| Flores<br>(t MS/ha)                 | 1º   | -         | -   | -    | 2,0 | 3,5  | 0,09 |
|                                     | 2º   | -         | -   | 3,1  | 2,2 | -    | -    |
|                                     | 3º   | -         | -   | 2,4  | 3,5 | -    | -    |
| Follas<br>(t MS/ha)                 | 1º   | -         | -   | -    | -   | 4,9  | 1,1  |
|                                     | 2º   | -         | -   | 2,9  | -   | -    | -    |
|                                     | 3º   | -         | -   | 2,6  | -   | -    | -    |
| Talos<br>(t MS/ha)                  | 1º   | -         | -   | -    | -   | 1,9  | 0,4  |
|                                     | 2º   | -         | -   | 6,0  | -   | -    | -    |
|                                     | 3º   | -         | -   | 5,7  | -   | -    | -    |

1. Bomme, 1986 (por Aiello e Bezzi, 1999)

2. Aiello e Bezzi, 1999

3. Aiello et al., 2002a

4. Seemannová et al., 2006

5. Chen et al., 2008

6. Romero et al., 2014

Táboa 13. Datos recollidos da literatura (en vertical, diferentes autores) sobre biomasa da parte aérea e parámetros morfolóxicos de *E. purpurea* de 1 a 3 anos de permanencia en campo.

|                            | Anos | 1        | 2           | 3           | 4    | 5    | 6    | 7         | 8    | 9    |
|----------------------------|------|----------|-------------|-------------|------|------|------|-----------|------|------|
| Biomasa aérea total (t/ha) | 1º   | -        | 22,0 - 34,0 | 10,0 - 37,0 | -    | -    | -    | 2,2 - 2,6 | -    | -    |
|                            | 2º   | 16,4 (2) | -           | -           | 51,9 | 46,1 | -    | -         | -    | -    |
|                            | 3º   | -        | -           | -           | 45,7 | -    | -    | -         | -    | -    |
| Flores (t/ha)              | 1º   | -        | -           | -           | -    | -    | -    | -         | 6,5  | -    |
|                            | 2º   | -        | -           | -           | 16,1 | -    | -    | -         | 9,0  | -    |
|                            | 3º   | -        | -           | -           | 11,9 | -    | -    | -         | 12,5 | -    |
| Follas (t/ha)              | 1º   | -        | -           | -           | -    | -    | -    | -         | -    | -    |
|                            | 2º   | -        | -           | -           | 14,9 | -    | -    | -         | -    | -    |
|                            | 3º   | -        | -           | -           | 13,6 | -    | -    | -         | -    | -    |
| Tallos (t/ha)              | 1º   | -        | -           | -           | -    | -    | -    | -         | -    | -    |
|                            | 2º   | -        | -           | -           | 20,9 | -    | -    | -         | -    | -    |
|                            | 3º   | -        | -           | -           | 20,3 | -    | -    | -         | -    | -    |
| Altura (cm)                | 1º   | -        | -           | -           | -    | -    | 95,6 | -         | -    | -    |
|                            | 2º   | -        | -           | -           | 103  | -    | 98,9 | -         | -    | 48,3 |
|                            | 3º   | -        | -           | -           | 109  | -    | 92,5 | -         | -    | -    |
| Nº de flores               | 1º   | -        | -           | -           | -    | -    | -    | -         | -    | -    |
|                            | 2º   | -        | -           | -           | -    | -    | -    | -         | -    | 32,7 |
|                            | 3º   | -        | -           | -           | -    | -    | -    | -         | -    | -    |

1. Muntean *et al.*, 1991

2. Bomme, 1986 (por Aiello e Bezzi, 1999)

3. Bomme, 2000

4. Aiello *et al.*, 2002a

5. Seidler-Lozykowska e Dabrowska, 2003

6. Kreft (2014)

7. Loaiza *et al.*, 2005

8. Seemannová *et al.*, 2006

9. Chen *et al.*, 2008



Hai que mencionar tamén as guías de cultivo ou documentos elaborados polo U.S. Department of Agriculture, ou institucións vinculadas a el, para dar a coñecer e fomentar a *Echinacea*, xeralmente a *E. purpurea* aínda que tamén a *E. angustifolia*, como cultivo alternativo de alto valor (Schuster e Klemme, 1999; Coltrain, 2001; Adam, 2002). Nestes traballos apúntase a posibilidade de acadar rendementos de 1,1 a 1,3 t/ha de raíces, no outono do terceiro ou do cuarto ano de cultivo, e de 1,1 t/ha de follas e talos durante o segundo ou terceiro ano de cultivo, seguindo un proceso similar á recollida do feo. En ámbolos dous casos coa premisa de que se den unhas boas condicións de cultivo, descritas nos propios traballos divulgativos.

A Asociación Catalana de Productors de Plantes Aromàtiques i Medicinals (ACPPAM, 2002) ten feita unha recompilación das producións acadadas en distintos países europeos (Alemaña, Italia, Finlandia, Polonia e Romanía) e Nova Zelandia, en tódolos casos producións moi superiores ás medias sinaladas polas institucións americanas. A maioría dos datos desta recompilación refírense a rendementos de raíces secas procedentes de plantas con dous anos de permanencia en campo (corroborando o exposto ao inicio do apartado), aportando información sobre densidades e métodos de plantación. Centrándonos nos datos, as producións máis altas da parte aérea da equinácea, 55 t/ha de peso fresco, recolléronse en Alemaña no segundo ano de cultivo en plantas procedentes de sementeira directa (2 kg de sementes/ha). En canto ao rendimento das raíces, é tamén en Alemaña e por sementeira directa no segundo ano de cultivo onde se rexistran os resultados máis elevados, cun rendimento de 16 t MS/ha. Aínda que aos principios activos presentes na *E. purpurea* se lles dedica un apartado, hai que sinalar que esas altas densidades poden afectar ao contido dos principais principios activos da equinácea, como á concentración do ácido cichórico (Callan *et al.*, 2005) e de alquilamidas (Parmenter e Littlejohn, 1997), polo que aínda que se acadan producións elevadas, este método de cultivo non é o máis idóneo para acadar os estándares de calidade comercial como produto medicinal.

Os resultados de produción de *E. purpurea* no estudo levado a cabo en Galicia previo a este (Romero *et al.*, 2014), sinalan o terceiro ano de cultivo como o máis produtivo en plantas que se desenvolveron baixo as cubertas plásticas de polietileno, con valores que foron das 5,8 t MS/ha á 1 t MS/ha, en partes aéreas e subterráneas respectivamente. Sinalar que en Galicia danse unhas condicións ecolóxicas totalmente distintas á zona onde se realizou o ensaio, sobre todo no que compete ao tipo de solo: trátase de materiais serpentínicos que tal e como se comenta no propio traballo non parecen ser os máis axeitados para o cultivo da equinácea. Pódese avanzar xa que as condicións ecolóxicas dese ensaio son moi diferentes ás do cultivo obxecto deste traballo de tese doutoral.

### 2.8.1. Produción da parte aérea

Por norma xeral, a produción da parte aérea da *E. purpurea* é complementaria á colleita da parte subterránea. En países como Alemaña, segundo Parmenter e Douglas (2001), no primeiro e segundo ano de cultivo recóllese a parte aérea, cortando as plantas a 10 cm do solo, e no terceiro ano realízase a colleita de raíces.

As altas producións en peso fresco de 22-55 t/ha recollidas entre o primeiro e segundo ano de cultivo en Alemaña e referidas por Bomme en 1986 (Aiello e Bezzi, 1999), as 8,9-23,0 t/ha rexistradas no primeiro ano de cultivo en Eslovenia por Gosar e colaboradores (Gosar *et al.*, 2010; Gosar e Baricevic, 2011) e as 51,9 t/ha e 45,7 t/ha recollidas no segundo e terceiro ano de cultivo, respectivamente, por Aiello *et al.* (2002a) en Italia, amosan que para acadar estas producións é necesario aumentar a densidade de plantación e facer unha importante fertilización nitroxenada. No caso de Alemaña, as plantas foron obtidas por sementeira directa a razón de 2 kg de semente por hectárea, cunhas elevadas densidades de plantación moi alonxadas das 45.000 plantas por hectárea deste ensaio.

Os eslovenos (Gosar *et al.*, 2010; Gosar e Baricevic, 2011) que presentan un novo sistema de recollida de augas, o sistema cresta-surco-cresta, no que comparan a utilización de dous tipos de polietilenos, impermeables e permeables, para avaliar o contido de auga no solo, así como o rendimento e rendibilidade da produción de equinácea, buscan acadar as máximas producións da parte aérea das plantas no primeiro ano de cultivo (nestes traballos non se presentan datos dos anos posteriores á plantación da equinácea en campo). As altas producións acádanse cun importante aporte de nitróxeno mineral: 60 kg/ha

dous días antes da plantación e 54 kg/ha a finais do mes de xullo (complementando as 20 t/ha de esterco incorporado ao solo no outono anterior á plantación).

Aiello *et al.* (2002a) recollen en Italia as máximas producións de parte aérea de *E. purpurea*, en planta transplantada, empregando unha densidade de plantación de 8,3 plantas/m<sup>2</sup> e aportando de 150 kg N/ha ao solo. Este nitróxeno incorporouse ao chan en dous momentos distintos: 50 kg de N se aportaron no momento da plantación e 100 kg ao redor do mes antes da plena floración da equinácea. O factor responsable de acadar esas altísimas producións parece ser a fertilización nitróxena, que se supón de orixe mineral (é un dato que non recolle o traballo), sobre todo o nitróxeno aportado no momento de elongación dos talos florais.

Estas producións tan elevadas de parte aérea de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo acadadas en Alemaña, Eslovenia e, sobre todo, Italia, non son o obxectivo deste traballo que vai orientado, aproveitando a rusticidade da equinácea, á produción de raíces con dous ou tres anos de permanencia en campo, sen gastos importantes de insumos.

### 2.8.2. Producción da parte subterránea

A colleita de raíz aos dous, tres ou incluso catro anos de cultivo é o principal obxectivo de cultivar *E. purpurea*. Aínda que Galambosi (2004) sinala que no caso de darse unhas boas condicións edafoclimáticas a colleita de raíces, propagadas a partir de plántulas, pode chegar a facerse no primeiro ano de cultivo. Na literatura os datos de raíces rexistrados para o primeiro ano de cultivo foron recollidos en Italia por Aiello *et al.* (2002a), con 2,6 t/ha en peso fresco e 1,2 t/ha en peso seco, e en Alemaña, por Bomme en 1986 (Aiello e Bezzi, 1999), alcanzando producións de 8,7-11 t/ha de raíces en peso fresco e de 2,2-2,8 t/ha en peso seco. Estas producións acádanse ao empregar altas densidades de plantación; neste caso son plantas procedentes de sementeira directa. A densidade de plantación pode ter un efecto importante sobre a forma da planta e se eses efectos esténdense a cambios nas proporcións relativas de raíz e de rizoma (no resto do documento o termo raíz inclúe todas as partes da planta que están por debaixo da terra), entón a densidade de plantación pode afectar ao contido de alquilamidas (Parmenter e Littlejohn, 1997) e de ácido achicórico (Callan *et al.*, 2005). As plantas de *E. purpurea* que se cultivan a altas densidades poden presentar unha menor proporción de rizoma; como as análises demostran que a concentración de alquilamidas é 3-4 veces maior no rizoma que na raíz (Perry *et al.*, 1997) e 1,7 veces maior no que respecta ao ácido achicórico (Callan *et al.*, 2005), a densidade afectaría así ao rendemento en principios activos das plantas de *E. purpurea*.

Tamén Parmenter *et al.* (1992), do Institute for Crop & Food Research Limited de Nova Zelandia, avaliaron o rendemento de raíces de *E. purpurea* cultivada en cinco localizacións ao longo do país. Para este estudo o período de cultivo das plantas foi de seis meses en campo e a colleita de raíces acadou as 0,2-0,9 t MS/ha.

Ao comparar os resultados obtidos por Bomme en 1986 (Aiello e Bezzi, 1999), por Parmenter *et al.* (1992) e por Aiello *et al.* (2002a), obsérvase que os rendementos alcanzados en Alemaña e Italia son moito maiores que os de Nova Zelandia. A principal causa destas diverxencias de produción tópose nas diferenzas na densidade de plantación; mentres que en Nova Zelandia é de 4,4 plantas/m<sup>2</sup>, en Italia ascende a 8,3 plantas/m<sup>2</sup> e en Alemaña acada os valores máis altos ao realizarse sementeira directa.

Dentro da literatura (Táboa 14), a avaliación do efecto da densidade de plantación no rendemento de raíces no segundo ano de cultivo destaca sobre outros tipos de estudos. Parmenter *et al.* (1992) fan referencia a ensaios feitos na Redbank Research Station de Nova Zelandia por Burton de 1990 a 1992, con densidades que foron de 6-25 plantas/m<sup>2</sup>, acadando rendementos de 3,9-6,9 t/ha de raíces secas. O mesmo autor, pero esta vez en colaboración con Littlejohn (1997), cultivou plantas de *E. purpurea* en camas elevadas de 1,5 m de ancho a densidades de 1,5 a 65 plantas/m de cama (aproximadamente 1-43 plantas/m<sup>2</sup>). Rexistrando, despois de dúas tempadas, o máximo rendemento nas camas coas densidades máis baixas. Ademais, Parmenter e Littlejohn (1997) constataron un aumento do 45-65 % no tamaño da raíz ao diminuír a densidade de sementeira.

En Exipto, Shalaby *et al.* (1997) chegan á mesma conclusión comparando marcos de plantación de 20, 40 e 60 por 50 cm. Nesta investigación rexistran a maior cantidade de biomasa por unidade de área nas plantas cultivadas cun menor marco de plantación (de 20 por 50 cm). Callan *et al.* (2005) dan un paso



máis e estudan o efecto de distintas densidades de plantación (3,1-18,9 plantas/m<sup>2</sup>) na concentración do ácido achicórico, observando unhas elevadas producións de biomasa nas plantacións máis densas (sobre 15 plantas/m<sup>2</sup>), pero cunha reducida concentración de ácido achicórico nos tecidos. Destes resultados conclúese que o ácido achicórico mantense cerca dos 12 mg/g MS de raíces a densidades de 9-10 plantas/m<sup>2</sup>.

Táboa 14. Datos recollidos da literatura (en vertical, diferentes autores) sobre biomasa e rendementos de raíces de *E. purpurea* de 1 a 3 anos de permanencia en campo.

|                    | Anos | 1                  | 2         | 3         | 4          | 5         | 6       | 7   | 8    | 9   | 10        | 11        | 12                | 13  | 14  |
|--------------------|------|--------------------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|-----|------|-----|-----------|-----------|-------------------|-----|-----|
| <b>Biomasa</b>     | 1º   | -                  | -         | -         | 8,7 - 11,0 | -         | -       | 2,6 | -    | -   | -         | -         | -                 | -   | -   |
| <b>Subterránea</b> | 2º   | 4,1 <sup>(1)</sup> | -         | -         | -          | -         | -       | 3,9 | -    | 7,1 | -         | -         | 10 <sup>(2)</sup> | 3,6 | -   |
| <b>(t/ha)</b>      | 3º   | -                  | -         | -         | -          | -         | -       | 9,9 | 11,5 | -   | -         | -         | 14 <sup>(2)</sup> | -   | -   |
| <b>Rendemento</b>  | 1º   | -                  | -         | 0,2 - 0,9 | -          | -         | -       | 1,2 | -    | -   | -         | -         | -                 | -   | -   |
| <b>Subterráneo</b> | 2º   | -                  | 3,9 - 6,9 | -         | -          | 1,0 - 2,2 | 1,3-2,6 | 1,6 | -    | 2,0 | 1,9 - 2,5 | 1,8 - 3,0 | 3,0               | -   | 1,1 |
| <b>(t MS/ha)</b>   | 3º   | -                  | -         | -         | -          | -         | -       | 3,5 | 4,3  | -   | -         | -         | 5,0               | -   | 1,0 |

1. Muntean *et al.*, 1991

2. Burton, 1992 (por Parmenter *et al.*, 1992)

3. Parmenter *et al.*, 1992

4. Bomme, 1986 (por Aiello e Bezzi, 1999)

5. Parmenter e Littlejohn, 1997

6. Parmenter e Douglas, 2001

7. Aiello *et al.*, 2002a

8. Aiello *et al.*, 2002b

9. Seidler-Lozykowska e Dabrowska, 2003

10. Callan *et al.*, 2005

11. Loaiza *et al.*, 2005

12. Seemannová *et al.*, 2006

13. Li, 2008

14. Romero *et al.*, 2014

<sup>(1)</sup> Dato transformado de g/planta a t/ha cunha densidade de 4,5 plantas/m<sup>2</sup>.

<sup>(2)</sup> Biomasa só do rizoma.

Segundo coa literatura, Aiello *et al.* (2002a) realizaron cinco colleitas de raíces de *E. purpurea* ao longo de tres anos en diferentes estádios de crecemento (repouso vexetativo e plena floración), e sinalan o período de latencia das plantas como o de máximo rendemento das raíces, acadando as maiores producións no terceiro ano de cultivo. En Italia, tamén estudaron o efecto da época de transplante (primavera e verán) no rendemento das raíces (de tres anos en cultivo), rexistrando as máximas producións de raíces, en peso fresco e peso seco, nas plantas de equinácea transplantadas en primavera (Aiello *et al.*, 2002b).

Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003) cuantificaron o peso fresco e peso seco de plantas de dous anos en cultivo en distintos períodos de desenvolvemento: roseta, talo floral, inicio da floración, plena floración e cabezuelas con sementes inmaduras, acadando os máximos resultados de biomasa e rendementos no último período avaliado, o que vai parello aos resultados obtidos polos italianos.

En canto á utilización de distintos métodos de cultivo para acadar os máximos rendementos en raíces, Seemannová *et al.* (2006) concluíron que o maior rendemento en rizomas (non aportan datos da totalidade da parte subterránea) deuse nas plantas cultivadas a partir de gallos de raíz, comparándoos coa sementeira



directa e o transplante de plántulas. Para os valores de plantas transplantadas a campo, o máximo rendemento de rizomas nos dous anos de cultivo estudados recolleuse en plantas de tres anos de cultivo.

Dentro da literatura orientada á mellora das técnicas de cultivo de *E. purpurea*, temos o ensaio levado a cabo en Palas de Rei (Romero *et al.*, 2014), onde se avaliaron diferentes métodos de control de flora arvense. Neste ensaio os maiores rendementos rexistráronse nas parcelas cubertas con polietileno negro, cunha diferenza de 48 kg/ha na colleita de raíces do segundo ao terceiro ano de cultivo (1.080,7 e 1.032,5 t/ha no segundo e no terceiro ano respectivamente).





### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DO ENSAIO

O cultivo de *Echinacea purpurea* (L.) Moench. levouse a cabo na antiga finca de prácticas da Escola Politécnica Superior de Lugo (42° 59' 56,93" N e 7° 32' 18,86" W; Finca de San Fiz, Montirón) (Figura 12).

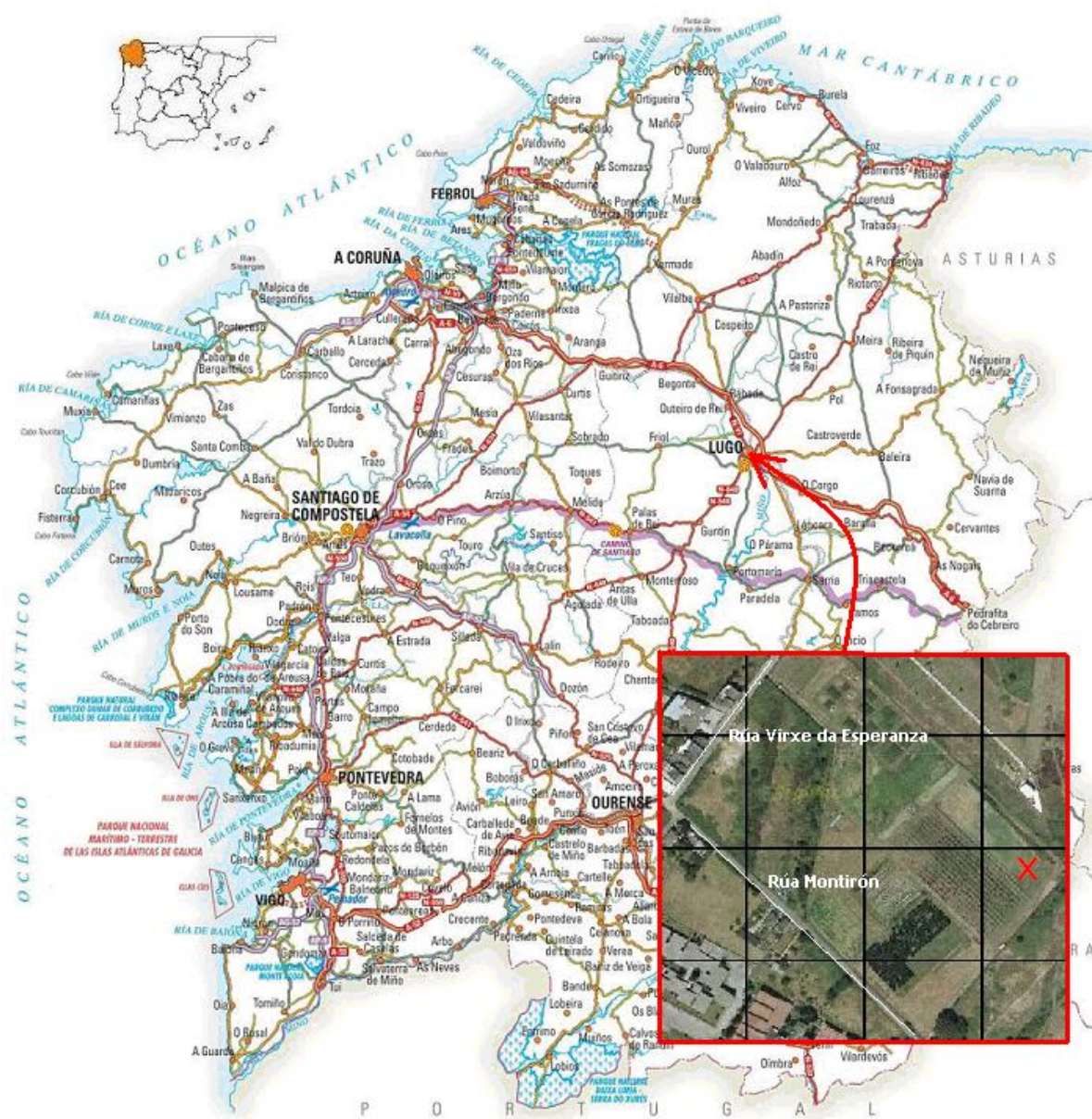


Figura 12. Localización da parcela de ensaio. Ortofoto a escala 1:4.500. SiG PAC.

### 3.2. MATERIAL VEXETATIVO E PREPARACIÓN DAS PLÁNTULAS

O material vexetativo empregado foron sementes de *Echinacea purpurea* (L.) Moench. procedentes de Holanda, subministradas pola casa comercial Semillas Montaraz S.A.. Ditas sementes presentaban como información adicional a súa data de recollida 2002/2003, garantían o 100% de pureza e unha porcentaxe de xerminación do 89 %.

Previo á sementeira as sementes mantivéronse en auga no frigorífico. A *E. purpurea* xerminou sen problemas despois de 12 horas en auga, sen necesidade de estratificación (aos 9 días de realizada a sementeira xerminaran o 45 % das sementes). De acordo coa literatura a xerminación das sementes de equinácea prolóngase de 10 a 30 días a 18- 21°C (20 días a 25 °C) (Qu *et al.*, 2005a). As temperaturas de setembro de 2004 foron de 16,4 °C de media, de 28,9 °C e 6,1 °C a máxima e a mínima respectivamente, confirmándose o descrito na literatura.

A sementeira efectuouse no invernadoiro de vidro da Escola Politécnica Superior o día 10 de setembro do 2004, para o que se utilizou un substrato realizado a base dun 75 % de turba negra (Humosoil de Flora Gard) e un 25 % de vermiculita (especial horticultura, floricultura e semilleros de Projar). No proceso de mestura do substrato engadíuselle a auga precisa para que adquirira a textura axeitada para a sementeira.

Logo, a mestura distribuíuse en bandexas de 60 alvéolos e a continuación a semente (unha por alvéolo) introduciuse manualmente a unha profundidade de 2 cm, sendo posteriormente cubertas por vermiculita nº 2 (2 a 3 mm de diámetro), co obxecto de reter mellor a humidade.

A maiores das bandexas alveoladas, sementáronse 3 bandexas non alveoladas para cubrir as baixas debidas á porcentaxe de xerminación. Todas as bandexas foron colocadas sobre unha das mesas de cultivo do invernadoiro, tal e como se amosa na Figura 13.



Figura 13. Colocación das bandexas de alvéolos na mesa de cultivo do invernadoiro.

Programáronse regas diarias (programador de rega 1060, Gardena), a razón de 2 regas/día, de quince minutos de duración, unha pola mañá e outra pola tarde.

Aos 5 días da sementeira comezaron a saír as primeiras plántulas de equinácea (Figura 14). A porcentaxe de xerminación foi máis semellante ao 74 % recollido na ficha de cultivo da Asociación Catalana de Productors de Plantes Aromáticas i Medicinals (ACPPAM, 2002) que ao 89 % da etiqueta da semente, á que nos referimos anteriormente. As faltas de plántulas nos alvéolos suplíronse coas plántulas das bandexas non alveoladas.

A principios de xaneiro do 2005 transplantáronse as plántulas a bandexas de 40 alvéolos, para intentar conseguir un mellor desenvolvemento do sistema radicular das plántulas antes de ser levadas para campo.





Figura 14. Plántula de equinácea en alvéolo. Imaxe tomada o 18/09/2004.

### 3.3. PLANTACIÓN E MANEXO DO CULTIVO

Antes de efectuarse o transplante foi necesario preparar o terreo, para o que se procedeu a cortar o centeo (cultivo anterior) da parcela e incorporalo ao solo antes de plantar a equinácea, para así utilizalo como adobo verde (Pouliquen, 2005).

A continuación recolléronse mostras de solo, nos 30 primeiros centímetros, en varios puntos da parcela de experimentación mediante unha sonda manual. As mostra homoxeneizáronse, secáronse ao aire e tamizáronse a través dunha malla de 2 mm para a súa posterior análise. Os tamaños de partícula determináronse por sedimentación (Day, 1965) e para as clases texturais empregouse o método da Soil Survey Division Staff (1993). As determinacións de pH realizáronse seguindo a metodoloxía de Guitián e Carballas (1976). O C determinouse mediante un analizador automático Leco CNS 2000. O N determinouse utilizando o método Kjeldahl (Guitián e Carballas 1976). O P dispoñible mediuse mediante colorimetría (Chappman e Pratt, 1984) e cun espectrofotómetro Zeiss Spekol 1100. Os catións de cambio determináronse en  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 N (Peech *et al.*, 1974). Ca, Mg e Al medíronse por espectrofotometría de absorción atómica e K mediante espectrofotometría de emisión atómica en un espectrofotómetro Varian Spectraa 220.

O solo de cultivo presentaba bos niveis de fertilidade NPK, polo que non foi necesario facer abonado de corrección. As principais características do solo foron: textura franco areosa, pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 5,3, materia orgánica 2,8 %, saturación de Al 23,7 %, P-Olsen 51,6 mg/kg, K asimilable 0,3 cmol/kg, Ca asimilable 2,2 cmol/kg e Mg asimilable 0,2 cmol/kg.

Posteriormente nivelouse o terreo e preparáronse doce bancadas, cada unha das cales levaría o tratamento de control de flora arvense disposto ao azar (tres subparcelas por tratamento): a escarda manual (unha cada mes), a malla plástica anti-herba (malla perforada de polipropileno) e as dúas cubertas de polietilenos negros (de 400 e de 700 galgas: 100 e 175 micrómetros respectivamente) (Figura 15). As bancadas tiñan unha altura de 25-30 cm sobre o solo e unha lonxitude de 4 m por 2 m de ancho.

No transcurso da preparación do terreo de cara ao transplante houbo que despedregar o solo, polo que se optou por elevar as bancadas e así favorecer a drenaxe que de forma natural estaba garantida pola presenza dunha porcentaxe elevada de elementos grosos. A *E. purpurea* adáptase mellor a situacións de mala drenaxe que outras especies do xénero *Echinacea* (*E. angustifolia* non tolera o encharcamento do solo), pero un solo ben drenado e con humidade abundante mellora o tamaño das plantas e a saúde das mesmas (Kindscher e Riggs, 2006).

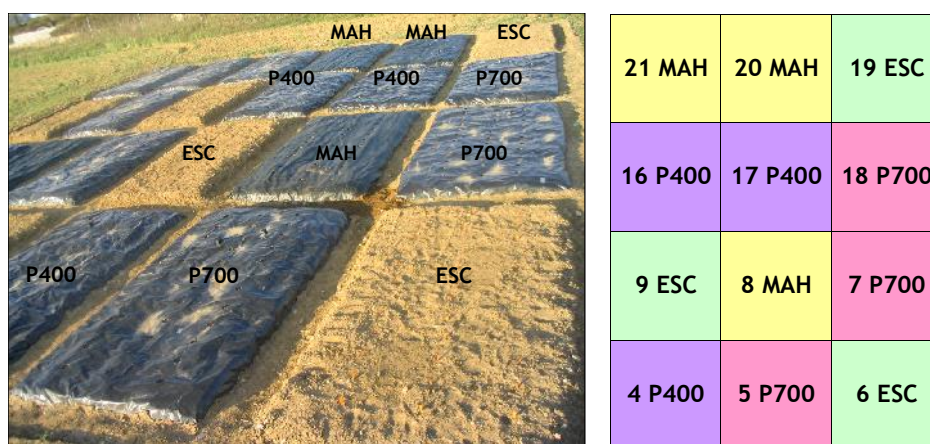


Figura 15. Disposición dos distintos tratamentos na finca de prácticas.

Cando as plantas atopábanse no estado de 2-3 follas, efectuouse a súa implantación no terreo. Este tivo lugar o día 17 de marzo do 2005.

Para realizar a plantación as cubertas sintéticas foron previamente furadas mediante a utilización dun perforador térmico de cabeza cilíndrica. As plantas colocáronse manualmente sobre as bancadas a unha distancia entre plantas de 30 cm e unha distancia entre filas de 50 cm. Este marco de plantación (30 x 50 cm) correspóndese con 36 plantas por subparcela, cunha densidade de 45.000 plantas por hectárea (Figuras 16 e 17).

Unha vez realizada a plantación, aplicóuselle unha abundante rega á parcela do estudo co fin de favorecer o arraigo das plantas



Figura 16. Vista xeral do ensaio de *Echinacea purpurea*.





Figura 17. Detalle das distintas plantas nos distintos tratamentos: polietileno negro, malla plástica e solo nu.

En canto aos tratamentos fitosanitarios, soamente se aplicou un molusquicida o 1 de abril do 2005, de cebo granulado con 5 % (P/P) de metaldehído para controlar as lesmas e caracois. A elección do metaldehído debeuse a que se pode utilizar en agricultura ecolóxica.

### 3.4. PARÁMETROS DETERMINADOS

Realizáronse diferentes rexistros e observacións ao longo do ciclo do cultivo de *E. purpurea*:

#### 3.4.1. Recollida da parte aérea da planta

No primeiro ano de cultivo, a parte aérea de cada planta recolleuse cando se formou a flor, momento recomendado para a súa recolección (Figura 18), xa que é na flor, despois das raíces, onde se atopan a maior cantidade de compostos farmacolóxicos da equinácea (Small e Catling, 1999). Esta primeira colleita realizouse de agosto a decembro de 2005 (Figura 19).



Figura 18. Detalle do momento da recollida das flores.

Os datos rexistrados neste primeiro ano axudaron a programar a recollida das plantas no segundo e terceiro ano de cultivo.

Tal e como sinala Bomme (2000), despois do ano de propagación (primeiro ano de cultivo), a floración das poboacións ben establecidas comeza antes. Gracias ás recomendacións de Bomme (2000), á información recollida no primeiro ano de cultivo e á observación en campo, a colleita da parte aérea da equinácea do segundo ano de cultivo realizouse en dúas fases: do 27 de xuño a 7 de xullo (colleitándose as flores que se atopaban nese momento en plena floración) e do 25 de xullo ao 3 de agosto de 2006. O derradeiro día de colleita levouse a cabo a retirada do total da parte aérea.

Deuse moita importancia á altura do corte da parte aérea, xa que este non debe ser inferior a 10 cm por enriba do solo. Un corte baixo pode provocar unha diminución da invernación e un menor crecemento nos anos posteriores (Bomme, 2000).

Por causas alleas ao desenvolvemento normal do proxecto, para os datos do terceiro ano de cultivos só se puido contar cunha soa colleita, realizada na primeira semana de xuño do 2007. De continuar coas pautas do ano precedente, faríase a recolección da parte aérea entre os meses de xullo e agosto e da parte subterránea a finais de outubro, sempre e cando as condicións atmosféricas e o desenvolvemento das plantas o permitisen. Sen embargo, ante a ameaza de perder os datos de toda a produción, optouse por facer o levantamento do ensaio o 6 de xuño do 2007.

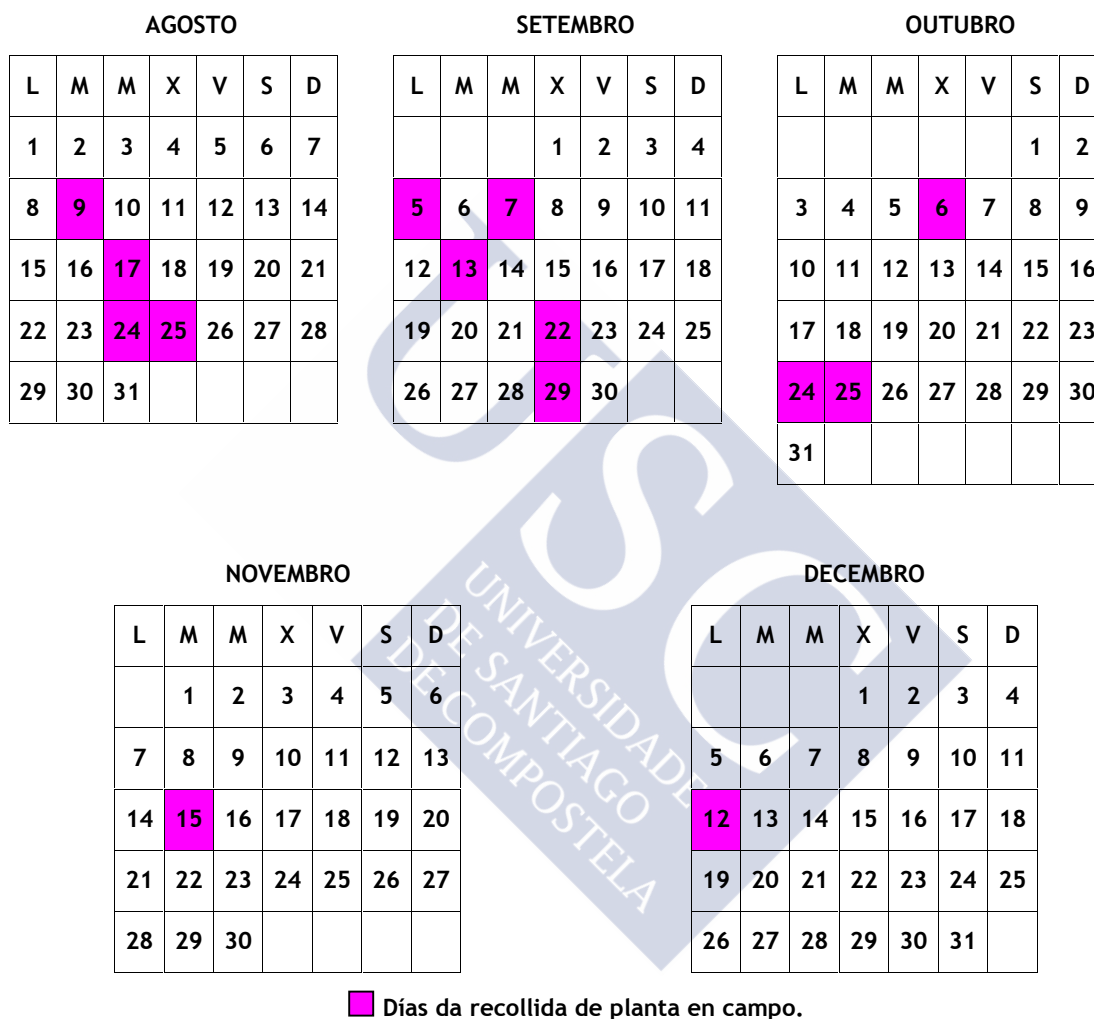


Figura 19. Calendario de recollida de *Echinacea purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

### 3.4.2. Recollida da parte subterránea da equinácea

A colleita de raíces realizouse manualmente coa axuda dunha laia. A textura franco areosa e o bo estado do solo facilitaron a colleita das raíces, tal e como pode verse na Figura 20. As raíces cepilláronse en campo, tentando retirar a máxima cantidade de terra sen producir perdas ou danos nas mesmas. Unha vez no laboratorio, limpáronse con axuda dun cepillo e auga a presión.

A data de colleita óptima das raíces (máxima calidade e rendabilidade económica) non estivo clara nun principio. Existen catro estudos independentes que avalían a composición en principios activos de raíces de *E. purpurea* colleitadas en diferentes épocas. Perry *et al.* (2002) non atoparon cambios significativos nos niveis de alquilamidas. Stuart e Wills (2000a) atoparon que os niveis de alquilamidas en raíces de *E. purpurea* diminuíron significativamente desde a etapa de prefloración á senescencia, nos



dous sitios onde se cultivou simultaneamente a equinacea en Australia. Recentemente, o estudo de Thomsen *et al.* (2012) en Dinamarca, conclúen que a primavera é a data óptima para a colleita das raíces de *E. purpurea*, xa que os niveis dos ácidos fenólicos (achicórico, cafetárico e cloroxénico) mostran os valores máis altos nesta época do ano, atopando as concentracións de alquilamidas máis baixas de mediados do outono a principios de inverno, contradicindo as pautas de crecemento normais. En Italia, Aiello *et al.* (2002a) atoparon concentracións máis altas de alquilamidas e de polifenóis en raíces de tres anos, colleitadas no período de latencia (outubro de 1999), comparándoas coas raíces colleitadas en plena floración (xullo de 1999).

Aínda que en Australia e en Nova Zelandia non se recomenda, taxativamente, a colleita das raíces de *E. purpurea* nunha época do ano en concreto, Stuart e Wills (2000a) e Perry *et al.* (2002) atoparon correlacións significativas entre os niveis de ácido achicórico da parte aérea e da parte radical, o que suxire algún tipo de translocación entre estas partes da planta (Perry *et al.*, 2004). Este último dato, xunto cos resultados de Italia (Aiello *et al.*, 2002a), axudaron á hora de seleccionar o outono para a colleita das raíces de *E. purpurea*, ademais de polas indicacións recollidas nas guías de cultivo e literatura americanas (Coltrain, 2001; Adam, 2002; Kindscher e Riggs, 2006) e canadenses (MAFRD, 2015), así como das recomendacións da ficha de cultivo elaborada pola Associació Catalana de Productors de Plantes Aromàtiques i Medicinals e o Grup de Plantes Aromàtiques i Medicinals da Àrea de Productes Forestals no Fusters do Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (ACPPAM, 2002).

As raíces recolléronse o 31 de outubro, no segundo ano de cultivo (2006) e o 6 de xuño no terceiro ano de cultivo (2007) colleita moi anticipada á data prevista.



Figura 20. Colleita de raíces de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (31/10/2006).

### 3.4.3. Peso fresco e peso seco da parte aérea da equinácea

En cada planta separáronse flores, talos (incluíndo as follas repartidas ao longo dos talos) e as follas basais. Cada unha das fraccións secouse en estufa a 35 °C ata peso constante (Figura 21).

É importante sinalar que desde a colleita en campo (feita a man) ata o seu procesado (nalgúns momentos puntuais o procesado demorouse ata 48 horas), as plantas almacenáronse seguindo as pautas dos australianos Wills e Stuart (2000), os cales constataron que o almacenamento de *E. purpurea* en fresco, cunhas condicións ambientais de 20 °C e 60 % de humidade relativa e durante trinta días, non supuña perdas significativas de ningún dos grupos constituíntes da planta.

Tamén ten que terse en conta que unha das etapas máis delicadas no procesado das plantas medicinais é o secado. Este ten que preservar a utilidade medicinal das mesmas, tratando de non provocar perdas nas concentracións dos fitoquímicos presentes nas fraccións das plantas. Stuart e Wills (2003) avaliaron o efecto da temperatura de secado sobre as concentracións de alquilamidas e ácido achicórico. O aumento da temperatura de secado de 40 a 70 °C, deu lugar a unha diminución da concentración de

ácido achicórico en todas as seccións de *E. purpurea* (flores, talos, follas e raíces), cunha maior perda nas partes aéreas que na raíz. Sen embargo, non atoparon diferenzas significativas nas concentracións das alquilamidas coa variación da temperatura de secado.

Os estudos recompilados no traballo de Tanko *et al.* (2005) para o caso concreto de *E. purpurea*, sinalan unha temperatura de secado óptima de 35°C, xa que existen determinados compostos activos que decrecen unha vez superados os 35-40°C.



Figura 21. Flores, follas e talos con follas de *E. purpurea* secados en estufa a 35°C.

#### 3.4.4. Peso fresco e peso seco da parte subterránea da equinácea

As raíces, unha vez cepilladas e lavadas con auga a presión, colocáronse sobre papel absorbente para retirar a auga procedente do lavado e posteriormente pesáronse para acadar o peso en fresco. Para o peso seco cortáronse transversalmente para facilitar o secado na estufa (seguindo as mesmas pautas de secado que para a parte aérea) e posteriormente troceáronse para facilitar a moenda de cara a realización das análises posteriores (Figura 22).



Figura 22. Procesado das raíces de *E. purpurea* secas en estufa a 35 °C.

#### 3.4.5. Relación de altura, número de flores e número de talos en cada tratamento

No momento de recoller a flor apical de cada unha das plantas de *E. purpurea* (Figura 23), mediuse a altura total da planta e o número total de talos (en campo), anotando en cada unha das datas de recollida o número de flores para cada un dos talos de cada unha das plantas de cada parcela (Figura 24).

Para distinguir os talos da mesma planta, estes marcáronse con fíos de lá, coa seguinte relación de cores:

- 1º talo: Vermello
- 2º talo: Azul
- 3º talo: Amarelo
- 4º talo: Amarelo-vermello
- 5º talo: Amarelo-azul
- 6º talo: Amarelo-amarelo



Figura 23. Detalle da colleita das flores.

| Data:     |        |          |           | EQUINÁCEA   |     |      |           |     |      |
|-----------|--------|----------|-----------|-------------|-----|------|-----------|-----|------|
| Bancada:  |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| Nº planta | Altura | Nº talos | Nº flores | Peso fresco |     |      | Peso seco |     |      |
|           |        |          |           | PFF         | PFT | PFFo | PSF       | PST | PSFo |
| 1         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 2         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 3         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 4         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 5         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 6         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 7         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 8         |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| ...       |        |          |           |             |     |      |           |     |      |
| 36        |        |          |           |             |     |      |           |     |      |

Figura 24. Táboa de recollida de planta de *Echinacea purpurea*.

### 3.4.6. Determinacións analíticas en planta

#### 3.4.6.1. Análise da composición mineral

As mostras secas, moídas e homoxeneizadas de cada fracción das partes aéreas da planta, sometéronse a dixestión con ácido sulfúrico (Thomas *et al.*, 1967) para a determinación de P, K, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na e Zn. O P mediuse mediante colorimetría (Chapman e Pratt, 1984). O K, Ca e Mg por espectrofotometría de emisión/absorción atómica. En alícuotas de mostra seca e moída de cada fracción determinouse a porcentaxe de C e N mediante un analizador automático Leco CNS 2000.

Ni, Cr, Cd, Pb e Mo sometéronse a dixestión con ácido nítrico nun microondas MILESTONES ETHOS 900 e medíronse mediante absorción atómica (VARIAN SPECTR AA220FS).



### 3.4.6.2. Análise de principios activos por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

As mostras secas e moídas de cada parte de *E. purpurea* (flores, follas, talos e raíces) extraéronselles as alquilamidas e os ácidos derivados do ácido caféico: Achicórico, caftárico e cloroxénico, seguindo a metodoloxía proposta por Bauer e Reminguer (1989) e Bergeron *et al.* (2000).

Nun cuarto do laboratorio ben acondicionado (todo este proceso débese realizar evitando a luz directa) pesouse aproximadamente 1 gramo de planta nunha probeta de cristal de 10 ml utilizando unha balanza de precisión. Pipeteáronse 8 ml de etanol ao 70 % e incorporáronse á probeta. Levouse a ultrasóns durante 5 minutos (repetindo o pipeteado e o ultrasóns dúas veces máis). O extracto sobrenadante introdúcese nun matraz de 25 ml con axuda dun funil. Límpiase a probeta con etanol, utilizando o etanol da limpeza para enrasar o matraz de 25 ml. Unha vez conseguido o extracto no matraz, axítase e introdúcese parte do seu contido nunha xiringa á que se lle acopla un filtro de 0,2  $\mu$ m. As gotas que se van obtendo pasando, pouco a pouco, o extracto polo filtro introdúcese nun vial. O vial rotúlase correctamente e envólvese en papel de aluminio (os compostos son fotosensibles e non lles debe dar a luz), rotulando tamén o papel de aluminio. Inmediatamente despois de preparados os viales, as mostras analizáronse por HPLC.

A detección e cuantificación de alquilamidas e ácidos fenólicos realizouse por medio dun cromatógrafo líquido de alta eficiencia. Utilizouse ademais unha columna de análise SuperSpher® 100, RP-18 (75  $\times$  4,6 mm de diámetro interior; 3  $\mu$ m de tamaño de partícula; de BDH, Toronto, Canadá). As condicións cromatográficas para a análise das alquilamidas foron adaptadas de Bauer e Reminger (1989). O perfil de elución consistiu nun gradiente lineal de acetonitrilo e auga pasando de 40 % a 80% de acetonitrilo en 15 min, diminuindo de 40% a 80% de acetonitrilo en 1 min, seguido dunha equilibración de 6 min a 40%. A velocidade de fluxo foi de 1,0 ml/min. Os picos de elución controláronse de forma simultánea a 210 e 260 nm.

A separación dos compostos fenólicos realizouse na mesma columna que as alquilamidas, utilizando o mesmo extracto de mostra, pero a fase móbil consistiu en 50 mM de fosfato de dihidróxeno de sodio axustada a pH 2,80 con ácido fosfórico (disolvente A) e 1% 0,1 M de ácido fosfórico en acetonitrilo (disolvente B). O perfil de elución foi un gradiente lineal de 5% a 25% de B durante 7 min, seguido por 2 min a 25%, unha caída de 25% a 5% de B en 1 min e unha equilibración de 5 min con 5% de B. A velocidade de fluxo foi de 1,5 ml/min con detección a 320 nm (Bergeron *et al.*, 2000).

### 3.4.7. Inventarios mensuais da flora arvense asociada ao cultivo

Coincidindo co momento da realización do tratamento de escarda, estimouse a súa densidade e a biomasa de cada especie e do total da flora na totalidade da subparcela (8 m<sup>2</sup>). A efectos de biomasa, para todas as especies, considerouse como individuo o conxunto da parte aérea e parte radicular. A identificación de especies fíxose seguindo as obras de Tutin *et al.* (1964-1980) e Castroviejo *et al.* (1986-2007).

## 3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICO

A comparación de medias dos resultados obtidos nos diferentes rexistros fíxose mediante análises de varianza (ANOVA). Previamente comprobouse a normalidade dos datos mediante Kolmogorov-Smirnov e a homoxeneidade da varianza segundo o método de Levene. No caso de que non se cumprise a normalidade procedeuse a transformación dos datos. No caso de que a ANOVA detectara diferenzas significativas establecíanse grupos co test Post-Hoc. Nos casos en que as varianzas non foran homoxéneas usouse o tests Games-Howell e en caso de que foran homoxéneas o test da diferenza mínima significativa (DMS).

A comparación de medianas, para rexistros con menos de tres conxuntos de datos, fíxose mediante unha proba non paramétrica de dúas mostras independentes: o test U de Mann-Whitney.

Como axuda para o análises estatístico utilizouse o paquete de software estatístico SPSS 15.0 para Windows.

### 3.6. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DA ZONA DE ESTUDO

Para a caracterización climática de Lugo tomáronse os datos do antigo observatorio Punto Centro de Lugo (dado de baixa no 1999), así como da estación Campus de Lugo para os datos de 2005, 2006 e 2007, anos nos que se levou a cabo o ensaio. Ambas estacións son dependentes do Instituto Nacional de Meteoroloxía. Optouse pola estación Punto Centro por presentar un maior número de datos de anos de estudo, así como de parámetros recollidos. Tomáronse os datos que van dende 1961 ata 1985, facendo un total de 24 anos de estudo. A súa localización era a seguinte:

Latitude: 42° 59' 53,95" N.  
Lonxitude: 7° 33' 9,94" W.  
Altitude: 426 m.

A estación Campus de Lugo foi dada de alta o 1 de xaneiro do 2000 e atopábase ubicada a 42° 59' 41,64" de latitude e 7° 32' 39,72" de lonxitude e a unha altitude de 419 m. O 1 de setembro do 2014 produciuse o cambio de localización da estación e actualmente atópase situada a 42° 59' 41,61" de latitude e 7° 32' 39,74" de lonxitude e a unha altitude de 400m (concello de Lugo, provincia de Lugo).

O clima dunha zona determina en maior ou menor medida a distribución, estabilidade e produción dos cultivos ao aire libre en función de catro parámetros fundamentais: radiación, temperatura, xeadas, e pluviometría (Pollock, 1990). En función destes parámetros pódese valorar a mellor ou peor aptitude dunha zona para a produción de distintos cultivos e, no noso caso, planta medicinal.

Galambosi (2004) recolle os diferentes requirimentos climatolóxicos de *E. purpurea*, sinalando que para un óptimo desenvolvemento a *E. purpurea* pode tolerar un 50 % de sombreado, ao contrario das demais especies do xénero que precisan estar a pleno sol.

No que respecta á pluviometría, tal e como se comentou na introdución, a *E. purpurea* vive en praderías próximas a bosques ou en bosques abertos e require contidos de humidade no solo máis elevados do que precisan a *E. angustifolia* e a *E. pallida*. Debido ao sistema radicular e as características das follas a *E. angustifolia* e a *E. pallida* toleran moito mellor os períodos de seca que a *E. purpurea*. Aínda que a *E. purpurea* é menos tolerante á seca que as outras especies de *Echinacea*, adáptase moito mellor a estas condicións que calquera outra vivaz (Foster, 1991).

Nun estudo levado a cabo nos Estados Unidos por Gray *et al.* (2003), revelou que o estrés por seca controlada pode estimular o aumento de peso en seco da raíz de *E. purpurea*, así como o contido de ácido achicórico na mesma. Polo que os períodos de seca poden chegar a ser beneficiosos para a produción de *E. purpurea*.

No tocante á temperatura, as especies de *Echinacea* son resistentes ao frío e aos duros invernos, podendo tolerar temperaturas de -25 a -40 °C. O cultivo de *E. purpurea* dende o punto de vista comercial ten o seu límite, na xeografía Europea, no noroeste Escandinavo. A especie desenvólvese perfectamente en Suecia, pero non en Noruega. Este límite non aparece nas zonas do sur e do centro de Europa, xa que presentan temperaturas moi adecuadas para o cultivo.

A continuación estudáranse os principais factores que inflúen na capacidade produtiva da zona luguesa: radiación, temperatura (máxima, mínima e media), xeadas e dispoñibilidade de auga.

#### 3.6.1. Radiación

A luz é a fonte de enerxía para a síntese de nutrientes das plantas. O crecemento da cuberta vexetal está relacionado coa radiación solar interceptada que a súa vez depende do índice da área foliar (IAF), polo que a taxa de crecemento dun cultivo increméntase a medida que o fai o IAF.

A intensidade da radiación de que dispoñen as plantas depende, en primeiro lugar, da cantidade de radiación solar que lle chega segundo a latitude e a altitude. A cantidade de radiación incidente por semana varía pouco ao longo dos anos nunha mesma localidade, sendo a máis alta en decembro e a máis baixa en xullo nos países do hemisferio sur, sendo ao contrario nos países do hemisferio norte.

É difícil separar os efectos producidos pola luz e pola temperatura no estudo das distintas variables dos cultivos, xa que estas variables interaccionan entre si (Amlid, 1989). O crecemento das plantas



depende do subministro de produtos formados durante o proceso de fotosínteses nas follas activas expostas á luz (Hodgson, 1983; Marshall, 1987).

Radiación na zona de estudo:

Na Figura 25, represéntanse os datos de radiación da zona de Lugo, calculados a partir das horas de sol mensuais segundo o método de Turc (1961).

A fórmula empregada é:

$$R_g = R_o \left( a + b * \left( \frac{n}{N} \right) \right)$$

Onde:

- $R_g$  é a radiación mensual de Lugo que queremos calcular, medida en  $\text{cal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{día}^2)$ .
- $R_o$  é a radiación teórica máxima para cada latitude ( $43^\circ$  latitude Norte para Lugo) e época do ano.
- $a$  e  $b$  son constantes empíricas, con valores de 0,18 e 0,62 respectivamente, determinados por Turc en 1961 para a nosa latitude.
- $n$  é o número de horas de sol observadas, datos que tomamos do observatorio Punto Centro.
- $N$  é a máxima insolación mensual posible, referida a  $43^\circ$  latitude Norte, determinada por Dunne e Leopold en 1978.

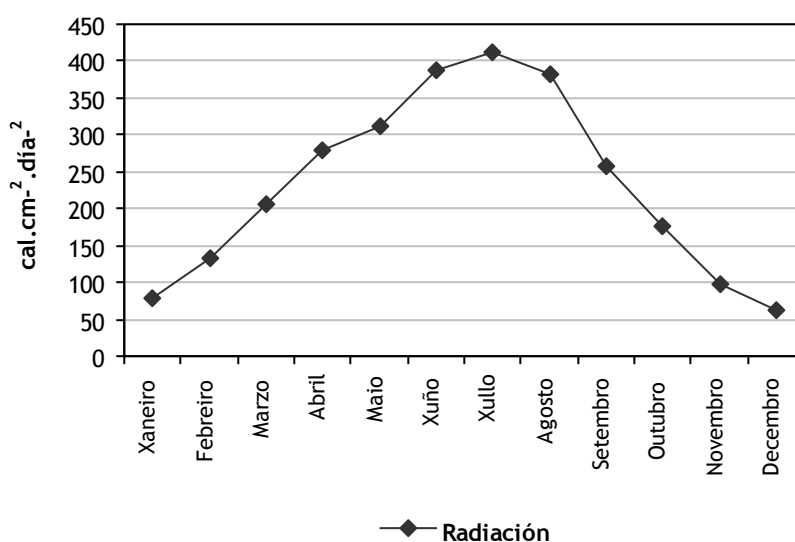


Figura 25. Variación da radiación no período de 1961 a 1985.

Vendo a gráfica anterior confirmamos que a radiación, no Concello de Lugo, non é limitante en ningún momento para a produción de *E. purpurea*, así como, para os cultivos da zona.

### 3.6.2. Temperatura

A temperatura varía coa latitude, tamén coa estación astronómica, a hora do día, a altitude, a distancia ao mar, etc. Intervén no desenvolvemento de todos os procesos biolóxicos elementais, responsables da xerminación, o crecemento, a floración, etc.

A resposta das especies vexetais aos cambios de temperatura varía enormemente, pero o seu crecemento soe ser lento por debaixo dos  $7^\circ\text{C}$  e poucas son as especies que están adaptadas a temperaturas superiores aos  $38^\circ\text{C}$  (Spedding, 1979). Non é o caso da equinácea que, como xa se fixo referencia, pode tolerar temperaturas moi por debaixo dos cero graos.

Dos datos das temperaturas medias anuais cedidas polo observatorio Punto Centro, pódese deducir que a zona mantense dentro dos límites dun clima "fresco". A temperatura media anual máis baixa, 5,8 °C, corresponde ao mes de xaneiro, rexistrándose a máis alta, 17,8 °C, no mes de agosto.

Con respecto á distribución das temperaturas ao longo do ano, obsérvase que existe unha estación máis cálida, que abarca os meses de xuño, xullo, agosto e setembro; estas temperaturas sobresaen bastante das do resto do ano. O valor medio para este período é de 16,5 °C.

A época máis fría engloba os meses de decembro, xaneiro e febreiro, sendo o mes máis frío en xeral o de xaneiro. O valor medio deste período é de 2,2 °C.

Durante o resto do ano obsérvase un aumento gradual da temperatura dende febreiro ata maio, existindo un cambio brusco de maio a xuño. O descenso ata o inverno tamén é acusado, sendo apreciable o que se produce de setembro a outubro e, sobre todo, de outubro a novembro. A amplitude térmica anual é de 12 °C (Figura 26).

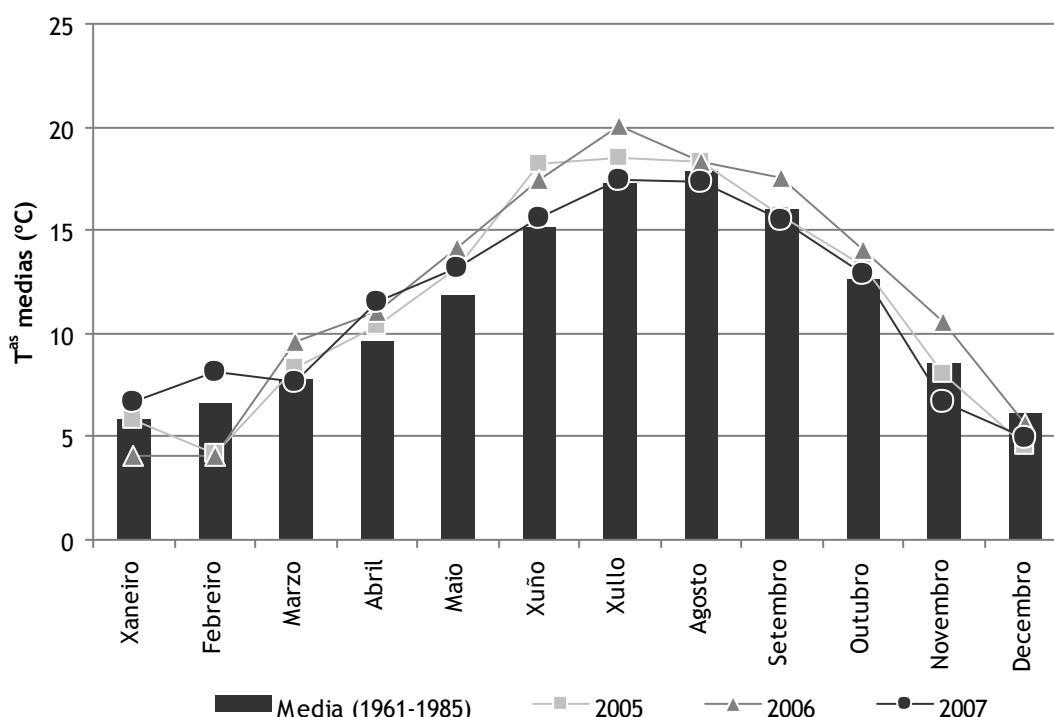


Figura 26. Variación das temperaturas medias ao longo do período de 1961 a 1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.

As temperaturas medias do 2005 correspóndense coa tendencia dos vintecatro anos, presentando valores máis baixos en febreiro e decembro. Son considerablemente máis altos en maio, xuño e xullo, con temperaturas medias de 13,2 °C, 18,2 °C e 18,5 °C respectivamente, tal e como pódese observar na Figura 26.

No 2006 as temperaturas medias mensuais de marzo a novembro (9,6-20,0 °C) son superiores ás rexistradas de 1961 a 1985 (7,8-17,8 °C). Na época máis fría (xaneiro, febreiro e decembro) os valores medios son máis baixos que as medias dos vintecatro anos, sobre todo os 4,1 °C de xaneiro e febreiro. O anuario climatolóxico de Galicia para o ano 2006 (Xunta de Galicia, 2007) rexistrou no conxunto da provincia de Lugo temperaturas mensuais algo superiores aos valores medios agardados (promedio de 31 anos, no período 1973-2003), o que coincide cos datos descargados da Estación Campus de Lugo, próxima á localización do ensaio (Figura 26).

Na figura anterior tamén podemos comprobar como dos tres anos que permaneceu a *E. purpurea* en campo, o 2005 xunto co 2007 son os anos que máis se asemellan nas temperaturas medias mensuais ao período de 1961 a 1985, coa excepción, no caso do 2007, dos meses de febreiro, abril e maio, con temperaturas máis altas (8,13 °C, 11,04 °C e 13,21 °C respectivamente) e temperaturas máis baixas en novembro e decembro (6,7 e 4,9 °C).

En canto ás temperaturas máximas dos tres anos de ensaio (2005, 2006 e 2007), estas foron moi superiores aos valores rexistrados no período de 24 anos de 1961 a 1985 (Figura 27), destacando os valores medios de 38,1 °C e de 38,5 alcanzados en xullo e setembro do 2006.

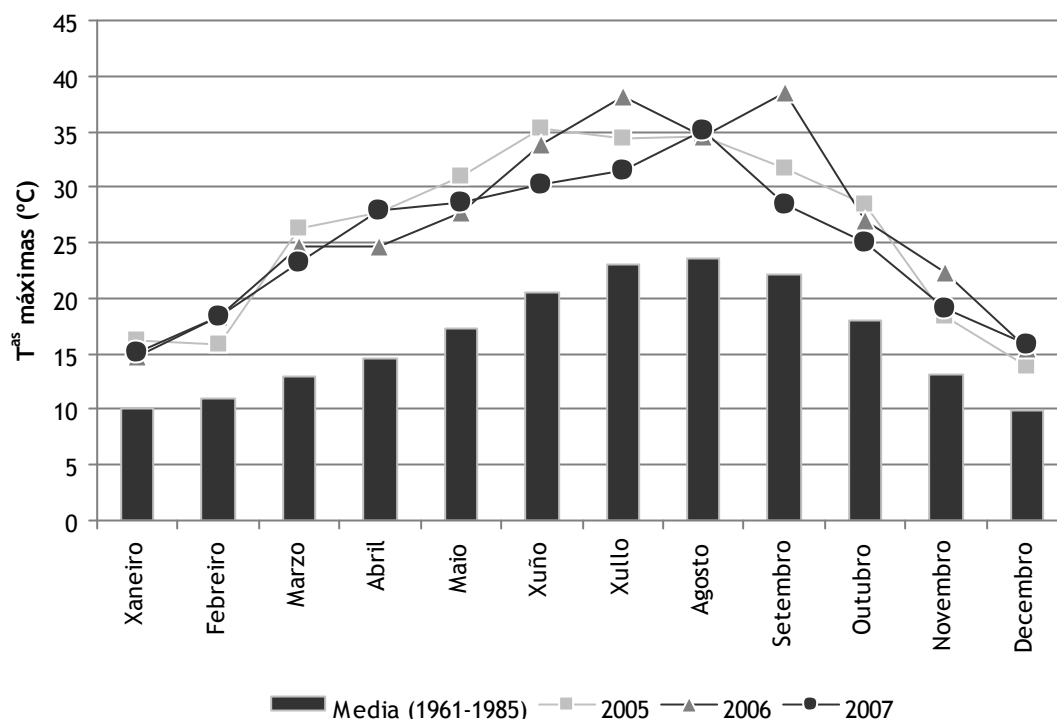


Figura 27. Variación das temperaturas máximas do período de 1961 a 1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.

Ademais das diferenzas nas temperaturas máximas dos tres anos de cultivo, con respecto aos valores medios da serie histórica de 1961 a 1985 (valores agardados), observamos diferenzas nas mínimas. As medias mensuais das temperaturas mínimas están por debaixo dos valores agardados, de xeito notable nos meses máis fríos de xaneiro, febreiro, marzo, novembro e decembro. Os valores máis baixos rexistráronse en marzo (-8,4 °C) e decembro (-9,0 °C) do 2005 (Figura 28).

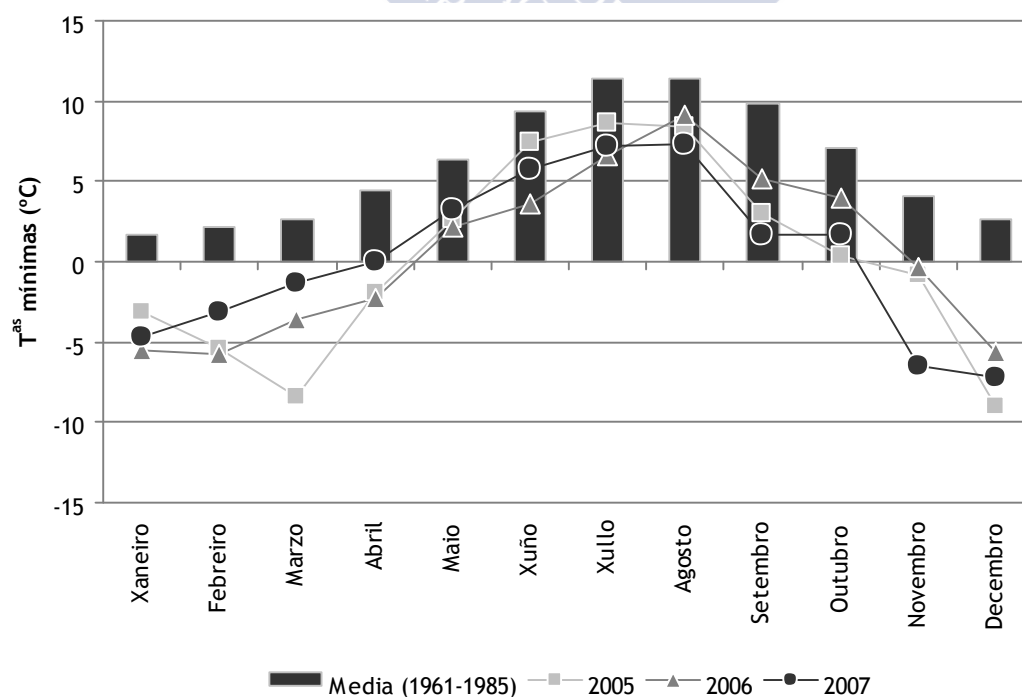


Figura 28. Variación das temperaturas mínimas do período de 1961 a 1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.



### 3.6.3. Xeadas

*E. purpurea* é capaz de soportar temperaturas moi por debaixo dos cero graos (tal e como vimos ao comezo deste apartado de caracterización climática) debido ao seu carácter de vivaz, pero as xeadas sempre son un risco, sobre todo as que acontecen nos meses de marzo e abril, que é cando as plantas están a desenvolver a parte aérea.

Na Táboa 15 preséntanse os períodos de xeadas dos tres anos nos que *E. purpurea* permaneceu en campo. No 2005 e no 2006 as xeadas prolongáronse ata o 12 e o 14 de abril, respectivamente, sen que isto supuxera un problema no desenvolvemento das plantas (observacións feitas en campo). No 2007 o período libre de xeadas foi máis curto que nos anos precedentes, pero esto debeuse á anticipación das mesmas a principios do mes de novembro. A última xeadada de primavera do 2007 produciuse o 25 de marzo, polo que as plantas tiveron mellores temperaturas para desenvolverse que nos anos 2005 e 2006.

Táboa 15. Período de xeadas nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007). Fonte: Estación Campus de Lugo (Instituto Nacional de Meteoroloxía)

| Anos | Inverno - Primavera |                    | Outono - Inverno |                    |
|------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------|
|      | Día 1ª xeadada      | Día última xeadada | Día 1ª xeadada   | Día última xeadada |
| 2005 | 03/01/2005          | 10/04/2005         | 27/11/2005       | 28/12/2005         |
| 2006 | 04/01/2006          | 12/04/2006         | 30/11/2006       | 28/12/2006         |
| 2007 | 03/01/2007          | 25/03/2007         | 01/11/2007       | 28/12/2007         |

### 3.6.4. Pluviometría

A pesar da extrema variabilidade no tempo e o espazo das situacións sinópticas causantes da precipitación, Galicia atópase situada a maior parte do ano baixo unha influencia marítima, sendo a choiva o fenómeno preponderante e causa da súa fisionomía (Pédelaborde, 1970; Mounier, 1979).

En Lugo observamos que durante o período comprendido entre novembro e febreiro recóllese un 48 % da auga caída durante o ano (Figura 29). Nos meses de xuño, xullo e agosto, as precipitacións diminúen considerablemente, recollendo un 10 % da pluviometría anual. O resto da precipitación, que se aproxima ao 42,02 %, repártese durante os outros cinco meses, aínda que non de maneira homoxénea.

O mes máis seco é o de xullo, sendo a precipitación de 28 mm de media. Decembro é o máis chuvioso con 144 mm de auga de choiva recollida.

En relación pois ao réxime de choivas, podemos sinalar catro períodos bastante diferenciados: unha estación chuviosa que abarca os catro meses de inverno (novembro, decembro, xaneiro e febreiro), un período de transición (marzo, abril e maio) no que a choiva vai descendendo en intensidade, o período de verán, cunha acusada sequidade (especialmente xullo) e, ao finalizar esta, un pequeno período representado por setembro e outubro, no que as choivas volven a aumentar ata o comezo da estación de choivas (Figura 29).

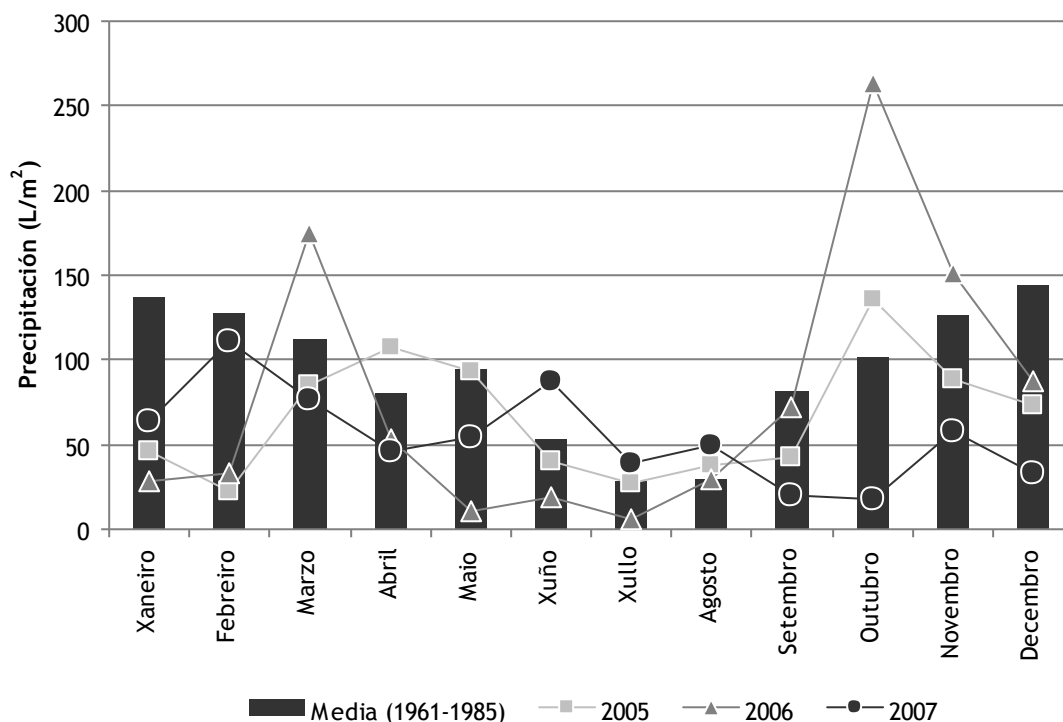


Figura 29. Precipitación no período 1961-1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.

É imprescindible falar da escaseza de precipitacións no 2005, ano de establecemento do noso ensaio (Figura 29), xa que mentres as temperaturas mantiñan a tendencia de anos anteriores, no caso das choivas rómpese dita tendencia. Os máximos de choiva danse en abril e outubro con 108 mm e 136 mm respectivamente, estando a precipitación acumulada próxima aos 800 mm.

No segundo ano de cultivo de *E. purpurea* en campo (2006) os rexistros de choiva continúan sen seguir a tendencia dos valores rexistrados no período de 1961 a 1985. O 63,5 % da precipitación acumulada no ano 2006 correspóndese coa choiva dos meses de marzo, outubro e novembro, destacando os 263,8 mm recollidos no mes de outubro. Os meses de xaneiro, febreiro, novembro e decembro, considerados dentro da estación chuviosa, presentan precipitacións por debaixo das agardadas, especialmente xaneiro e febreiro con 28,2 mm e 33,2 mm respectivamente (Figura 29). A precipitación acumulada no ano 2006 chegou aos 927,8 mm.

Con respecto ao ano 2007, as choivas seguen sen continuar a tendencia das medias dos 24 anos da serie histórica (de 1961 a 1985). No período de verán (xuño, xullo e agosto) rexistráronse choivas por riba dos valores agardados, sobre todo en xullo con 87,8 mm. Isto contribuíu a mellorar a distribución das choivas ao longo do ano, pero os valores rexistrados de xaneiro a maio e de setembro a decembro foron máis baixos que os agardados, sobre todo en setembro e outubro, meses nos que xeralmente comencen a aumentar as choivas. A precipitación acumulada alcanzou os 658,1 mm no ano 2007, a máis baixa dos tres anos de estudo.

### 3.6.5. Diagramas climáticos

Para complementar a información climática preséntase: o diagrama ombrotérmico e o balance hídrico para o período de 24 anos da serie histórica de 1961-1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.

#### 3.6.5.1. Diagrama ombrotérmico

O diagrama ombrotérmico serve para determinar os períodos de seca e a súa distribución (Gaussen, 1954). Para a súa realización utilizáronse os datos de pluviosidade e temperatura do observatorio Punto Centro, para o diagrama ombrotérmico do período de 1961 a 1985 e da estación Campus de Lugo, para os diagramas dos anos de estudo (2005, 2006 e 2007).

Segundo a metodoloxía de Gaussen para a representación gráfica do diagrama, as escalas elíxense de maneira que os valores da temperatura media mensual correspóndense cos do dobre da precipitación.

Na Figura 30, durante o período de 1961 a 1985, obsérvase que nos meses de xullo e agosto a curva de temperaturas medias está por riba da curva de precipitacións. Isto indica que se terá un período seco dende primeiros de xullo a finais de agosto.

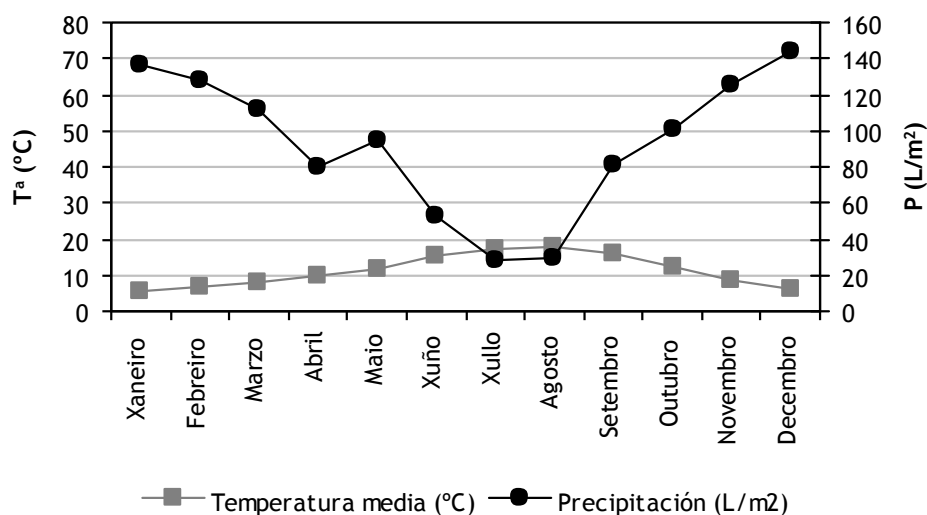


Figura 30. Diagrama ombrotérmico do período de 1961 a 1985.

Cando se comparan o diagrama ombrotérmico do período de 24 anos cos diagramas dos anos do ensaio de *E. purpurea* obsérvase que no ano 2005 o período seco prolóngase no tempo de xuño a agosto (Figura 31). Período que se amplía no segundo ano de cultivo (2006) de maio a agosto, debido a escaseza de chuvias de novembro a febreiro e do aumento, polo xeral (xaneiro, febreiro e decembro presentan temperaturas medias por debaixo das agardadas), das temperaturas medias mensuais (Figura 32).

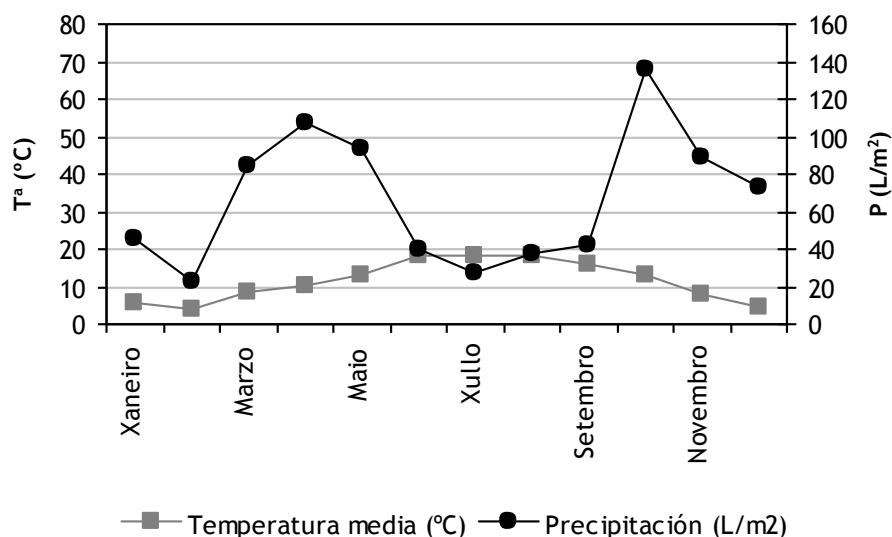


Figura 31. Diagrama ombrotérmico do ano 2005.

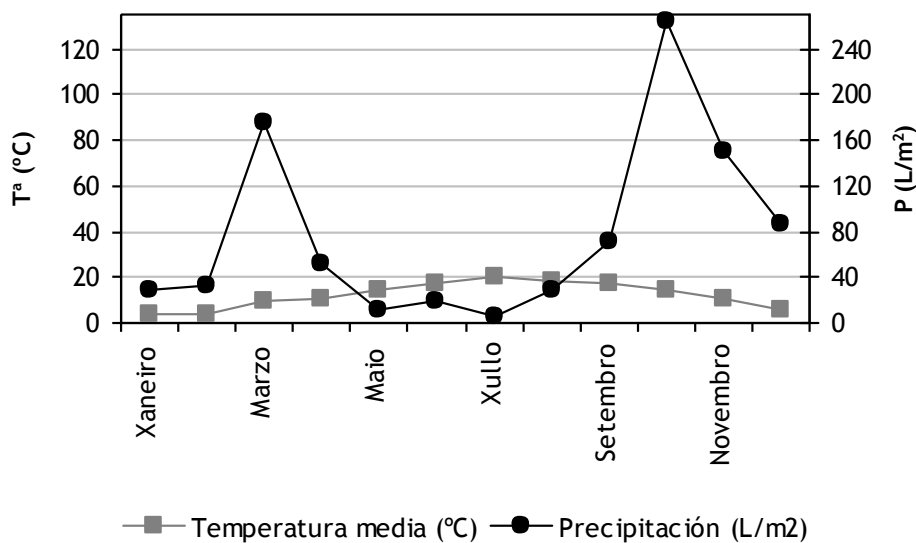


Figura 32. Diagrama ombrotérmico do ano 2006.

No 2007 o período seco produciuse de setembro a outubro, debido ás chuvias caídas nos meses de verán (xuño, xullo e agosto) e que se rexistraron temperaturas medias, para eses meses, máis baixas que nos dous anos anteriores.

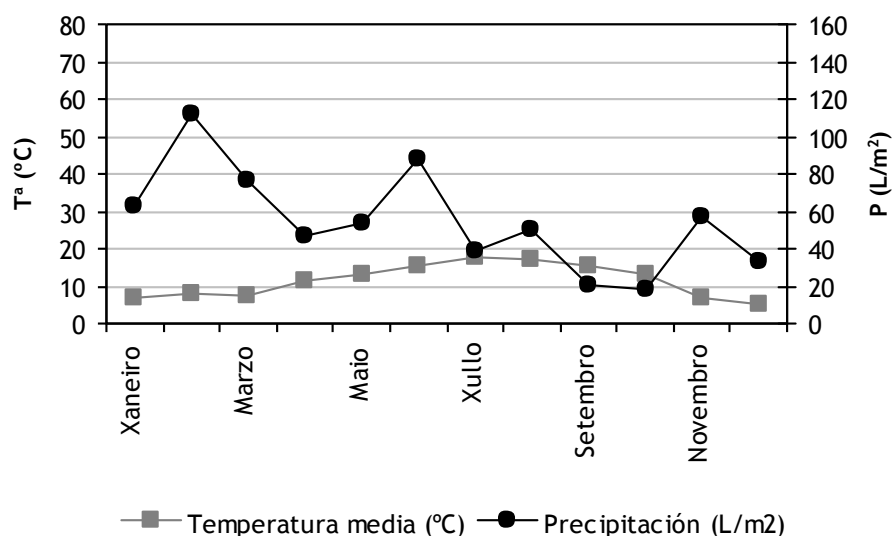


Figura 33. Diagrama ombrotérmico do ano 2007.

### 3.6.5.2. Balance hídrico

Co balance hídrico estimamos a cantidade de auga que hai no chan ao longo de todos os meses do ano. Para a realización do balance hídrico do periodo 1961-1985 utilizouse o método lineal de arrastre da reserva (Martínez Cortizas, 1987).

Cálculo do balance hídrico (1961-1985):

Para o cálculo do balance hídrico necesítase previamente a evapotranspiración potencial (ETP), determinada polo método de Turc, 1961:

$$ETP = 0,40 * \left( \frac{t}{(t+15)} \right) * (Rg + 50)$$

Onde:

- A evapotranspiración potencial que queremos calcular está medida en mm/mes.
- $t$  é a temperatura media mensual en grados centígrados.
- $R_g$  é a radiación mensual calculada para Lugo no primeiro punto deste estudio climático.

Unha vez calculada a evapotranspiración potencial e utilizando o método lineal de arrastre de reserva, podemos determinar o balance hídrico:

$$BH = P + RAU - ETP$$

Sendo:

- $BH$  é o balance hídrico que queremos calcular, medido en mm/mes.
- $P$  é a precipitación media mensual en milímetros.
- $RAU$  é a reserva de auga útil que neste caso considérase de 100 mm/mes.

Unha vez lista a gráfica do balance hídrico, nela pódense distinguir diferentes períodos:

- **PI** Período de infiltración.
- **PSA** Período de seca absoluta.
- **PU** Período de utilización.

Como se pode observar na Figura 34, durante o período 1961-1985 prodúcese dende principios do mes de abril ata principios de outubro un período de utilización da auga contida no chan, ao estar o balance hídrico (BH) por debaixo da reserva de auga útil (RAU). No comezo desta etapa de utilización vemos como en aproximadamente un mes (de principios do mes de abril a principios de maio) o balance hídrico, aínda que se atopa por debaixo da reserva do chan, faíno de maneira discreta. Dende principios de xullo a mediados de agosto prodúcese o agotamento da auga do solo, aparecendo un mes aproximadamente de seca absoluta (PSA). Neste período de tempo tomaranse as medidas oportunas para impedir o dano na *E. purpurea*, provocado pola non dispoñibilidade de auga para as plantas.

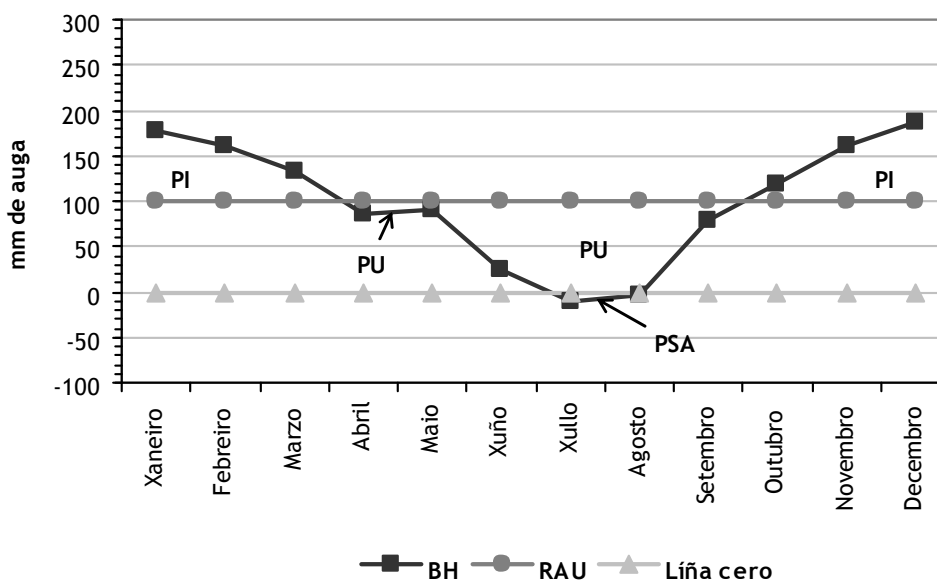


Figura 34. Balance hídrico do período de 1961 a 1985.

Debido ás escasas precipitacións do ano 2005, tal como se pode observar na Figura 24, os períodos de infiltración da auga no solo vense moi reducidos neste primeiro ano de ensaio, aparecendo dous períodos de utilización da auga do solo (de xaneiro a marzo e de finais de abril a finais de setembro) e producíndose un período de seca absoluta do solo dende mediados de xuño a mediados de agosto.

No ano 2006 tamén se dan dous períodos de utilización da auga contida no solo. Un pequeno período, que vai de xaneiro a febreiro, e o período máis importante de utilización, que vai de principios de abril a finais de setembro. As chuvias de marzo e outubro dan lugar a dous períodos de infiltración: de finais de febreiro a principios de abril e de mediados de setembro a finais de decembro. De mediados de xuño a principios de agosto prodúcese o período de seca absoluta coincidindo coa estación de verán (Figura 36).

O balance hídrico de 2007 difire do agardado, así como dos dous anos anteriores. As chuvias dos meses de verán evitan a aparición do período de seca absoluta do solo, alaongándose o período de utilización do contido da auga do solo de finais de marzo a finais de decembro, cun período previo de case tres meses en que se produce a infiltración de auga no solo (Figura 37).

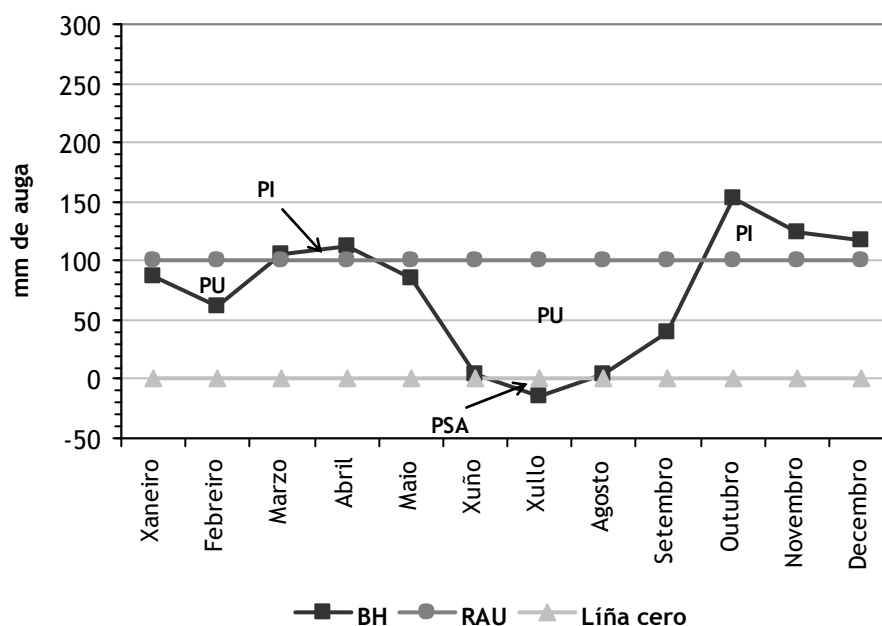


Figura 35. Balance hídrico do ano 2005.

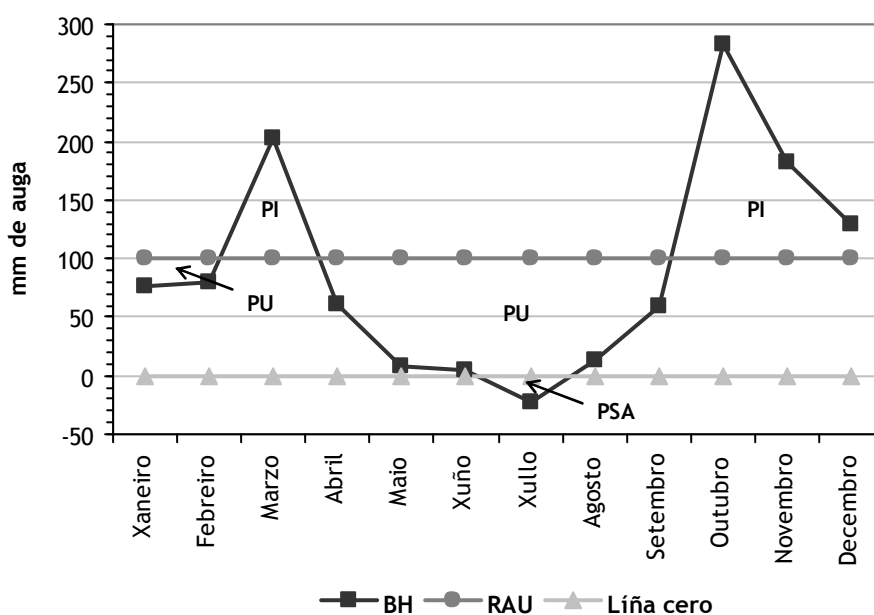


Figura 36. Balance hídrico do ano 2006.



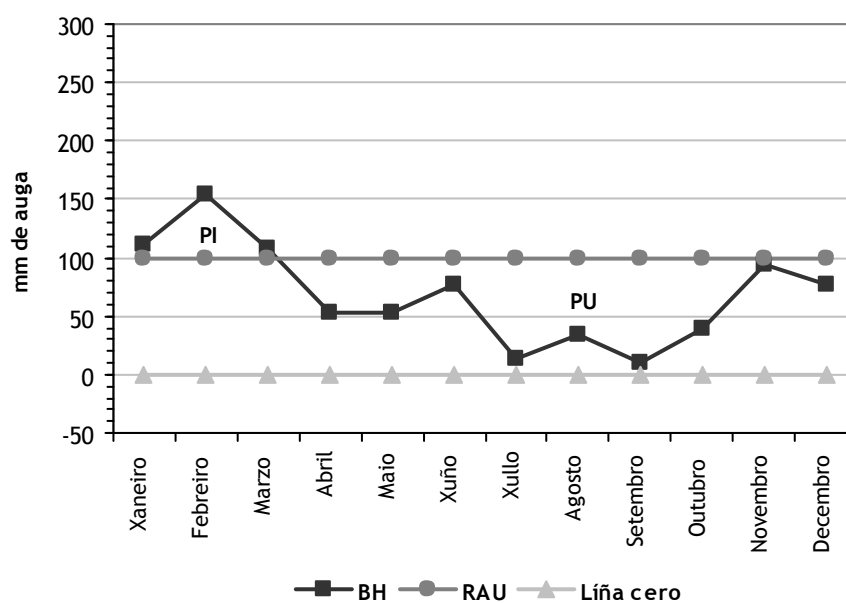


Figura 37. Balance hídrico do ano 2007.



## 4. RESULTADOS E DISCUSIÓN

### 4.1. PRODUCCIÓN

Unha gran parte de artigos e monografías referidos ao cultivo de *E. purpurea* céntranse na produción de raíces, xa que é nesta parte da planta onde se concentran, en maior medida, os principais principios activos. A maiores, son escasas as publicacións de resultados de máis de dous anos, en ensaios levados a cabo en campo. Os traballos de Aiello *et al.* (2002a) e de Romero *et al.* (2014) son os traballos que presentan os resultados máis completos, con datos de produción da parte aérea e da parte subterránea, desglosando a parte aérea nas diferentes fraccións, así como presentando os resultados dos tres anos de duración do ensaio en campo.

Seguindo os pasos dos anteriores autores, a continuación preséntanse e discútense os resultados de produción e dalgúns rasgos biométricos rexistrados nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) de *Echinacea purpurea* L. en campo. Os parámetros estudados foron: biomasa (kg/ha) e rendemento (kg MS/ha) das partes aéreas e subterráneas, así como os parámetros morfolóxicos (altura, número de flores e número de talos). Da parte aérea cuantificouse o total e as flores, talos e follas por separado. Os resultados móstranse e discútense para cada ano de cultivo, o que permite comprobar posteriormente a evolución de cada tratamento nos tres anos de estudo.

#### 4.1.1. Parte aérea

##### 4.1.1.1. Biomasa da parte aérea en fresco

As producións totais de biomasa no primeiro ano de cultivo oscilaron entre as 3,0 e 10,6 t/ha. Se observamos a Figura 38, as maiores producións acadáronse nos bancais acolchados con polietilenos negros, existindo diferenzas significativas entre estes tratamentos e o resto de métodos de control de flora arvense. Esta produción atópase moi alonxada das 22-34 t/ha obtidas por sementeira directa e referidas por Bomme en Alemaña (Aiello e Bezzi, 1999), pero si se atopa, polo menos a produción das bancadas de polietileno de 700 galgas, dentro do rango de 10-37 t/ha presentado por Bomme (2000). É superior ás producións en diferentes zonas de Costa Rica, onde se acadaron rendementos de 2,20 a 2,60 t/ha en peso fresco de plantas de *E. purpurea* con catro meses de permanencia en campo (Loaiza *et al.*, 2005).

Cando desdobramos a produción da parte aérea, entre 0,5-1,8 t/ha corresponden a flores (un 16% son flores, un 54 % son follas e un 30 % son talos). Os únicos datos de produción de flores no primeiro ano de cultivo de que se dispón para comparar, son as aproximadamente 6,5 t/ha rexistradas por Seemannová *et al.* (2006) na República Eslovaca. Estas altas producións explícanse, en parte (non se aportan datos específicos do solo), pola densidade de plantación de 8 plantas/m<sup>2</sup>, case o dobre da empregada neste ensaio.

As follas constitúen máis da metade do conxunto da parte aérea neste primeiro ano de cultivo, cunha produción de 1,6-5,6 t/ha da parte aérea. No que respecta aos tratamentos, observamos as producións máis altas nas bancadas cubertas con acolchados de polietileno negro e as máis baixas nas bancadas onde se realizou a escarda manualmente, repetíndose a tendencia do conxunto total da parte aérea e das flores (Figura 38).

Das 3,0-10,6 t/ha totais de parte aérea, 0,9-3,2 t/ha corresponden aos talos, acadando as producións máis altas nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas e as máis baixas nas bancadas con tratamento de escarda. En canto á diferenciación, rómpese a tendencia e o tratamento de malla non presenta diferenzas significativas co tratamento de escarda, nin coas producións das bancadas acolchadas co polietileno de 400 galgas (Figura 38).



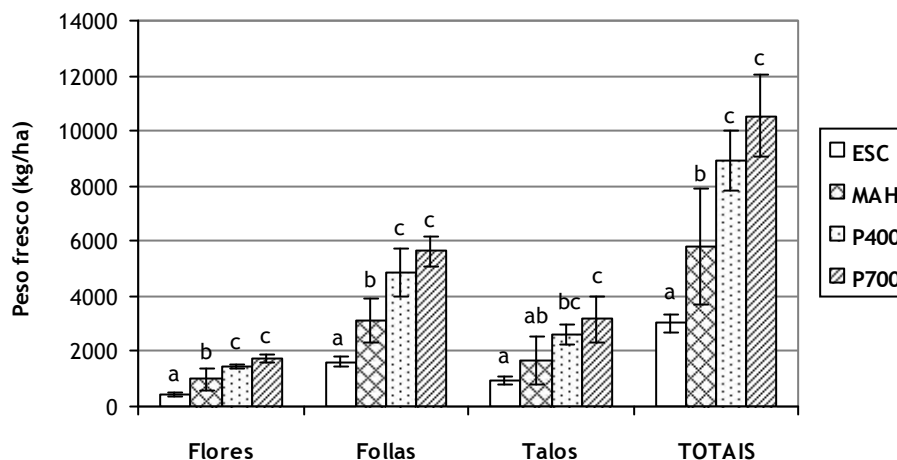


Figura 38. Producción de *E. purpurea* (kg/ha) dos distintos tratamientos no 1º ano de cultivo (2005), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamientos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

As producións de biomasa no segundo ano de cultivo oscilaron entre 5,2-12,9 t/ha: 2,0-5,4 t/ha de flores, 1,4-3,1 t/ha de follas e 1,8-4,3 t/ha de talos (Figura 39). Neste segundo ano, do conxunto da parte aérea destacan as flores, que representan o 39 % do total. No que respecta aos tratamentos, seguindo a tendencia do ano anterior, as bancadas acolchadas con polietileno negro seguen acadando as máximas producións.

Cando se comparan os valores rexistrados coa literatura, observamos que as producións de 51,9 t/ha recollidas polos italianos (Aiello *et al.*, 2002a) e as 46,1 t/ha calculadas a partir dos datos presentados por Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003) en Polonia, están moi por riba dos nosos resultados. As altas producións dos italianos parecen estar vencelladas á alta densidade de plantación e á elevada fertilización nitrogenada, pero no caso da produción de Polonia non queda tan claro, xa que a densidade de plantación, ao redor de 5 plantas/ha, está moi próxima á empregada neste ensaio; ademais, a incorporación de fertilizantes ao solo consistiu nunha única aplicación de 60 kg de N/ha, 40 de  $P_2O_5$  e 80 kg de  $K_2O$  anterior ao transplante. Como non se presentan datos de fertilidade do solo, só que é franco areoso e que o cultivo previo foi unha leguminosa (chícharo de raposo amarelo), descoñecemos si a fertilización tivo algo que ver coa produción, ou debeuse unicamente á calidade da planta de *E. purpurea*, nr 6/2/40, procedente de material seleccionado polo *Medicinal Plant Institute in Poznan* (Polonia).

Deixando a parte as elevadas producións de Italia e Polonia. Muntean *et al.* (1991) realizaron o seguimento, no segundo ano de crecemento, de plantas de *E. pallida* e *E. purpurea* en condicións controladas, observando que as plantas de *E. purpurea* podían chegar a acadar os 363,78 g/planta, que serían 16,4 t/ha empregando unha densidade de plantación de 4,5 plantas/ha. Valor que non está tan lonxe das 12,9 t/ha acadadas neste ensaio.

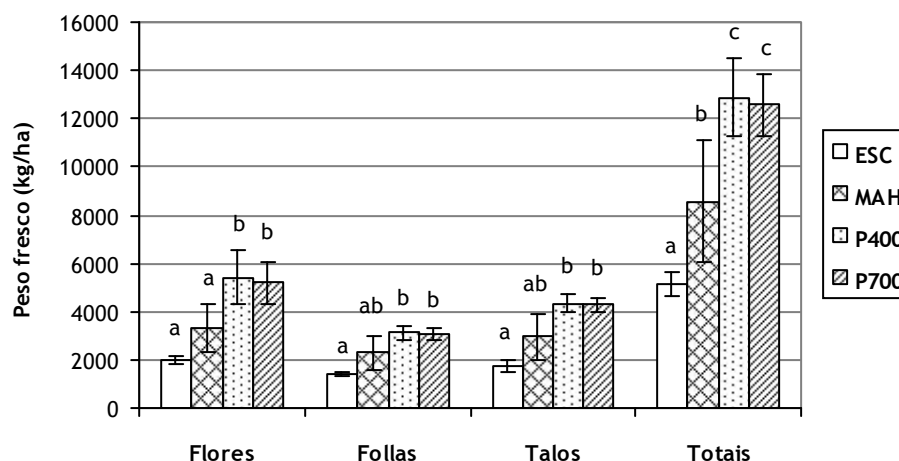


Figura 39. Producción de *E. purpurea* (kg/ha) dos distintos tratamientos no segundo ano de cultivo (2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamientos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

As producións do terceiro ano de cultivo estiveron entre as 0,93-4,1 t/ha: 0,3-1,5 t/ha de follas e 0,6-2,6 t/ha de talos (Figura 40). Debido a que esta terceira colleita tivo que facerse apresuradamente e fóra das datas previstas, os talos sobresaen como a parte aérea máis importante da biomasa total.

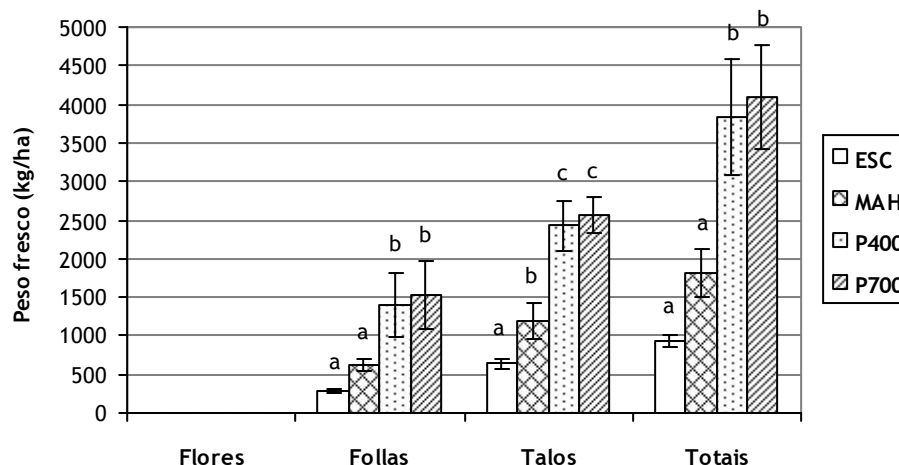


Figura 40. Producción de *E. purpurea* (kg/ha) dos distintos tratamientos no terceiro ano de cultivo (2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamientos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando observamos os datos recollidos durante a terceira colleita de *E. purpurea*, 6 de xuño de 2007, queda claro que as plantas atopábanse en pleno desenvolvemento dos talos florais. Das 54 plantas por tratamento que permanecían en campo, un 5,6 % no caso das bancadas nas que se practicaba a escarda, un 3,7 % nas bancadas acolchadas con malla antiherba, un 1,9 % das bancadas con acolchado de polietileno de 400 galgas e un 0 % nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas, atopábanse no estado vexetativo de roseta.

En canto aos datos de floración, a porcentaxe de plantas con flores variou dun 3,7 % nas bancadas acolchadas con malla antiherba ata un máximo de 27,8 % para as plantas das bancadas acolchadas con polietileno de 400 galgas, a maioría das cales atopábanse no estado vexetativo de botón floral.

Os datos de número de talos e de flores por planta, sinalan a recollida anticipada das equináceas e confirman a maior precocidade nas plantas desenvolvidas nas bancadas acolchadas cos polietilenos, fronte ás das bancadas acolchadas coa malla e as bancadas onde se realizaron as escardas manuais.



No que se refire aos tratamentos, observando os datos de follas e dos totais da parte aérea, aparecen diferenzas significativas entre os polietilenos e as bancadas con malla e con tratamento de escarda (Figura 40). As cantidades máis baixas de talos aparecen nas bancadas nas que se realiza a escarda manual, existindo diferenzas significativas na produción entre estas bancadas e as acolchadas coa malla antiherba.

A maior produción en fresco do conxunto da parte aérea de *E. purpurea* L. deuse no segundo ano de cultivo, cunha produción media de 9,8 t de biomasa por hectárea seguida polas 7,1 t/ha do primeiro ano e das 2,7 t/ha do terceiro ano de cultivo (Figura 41).

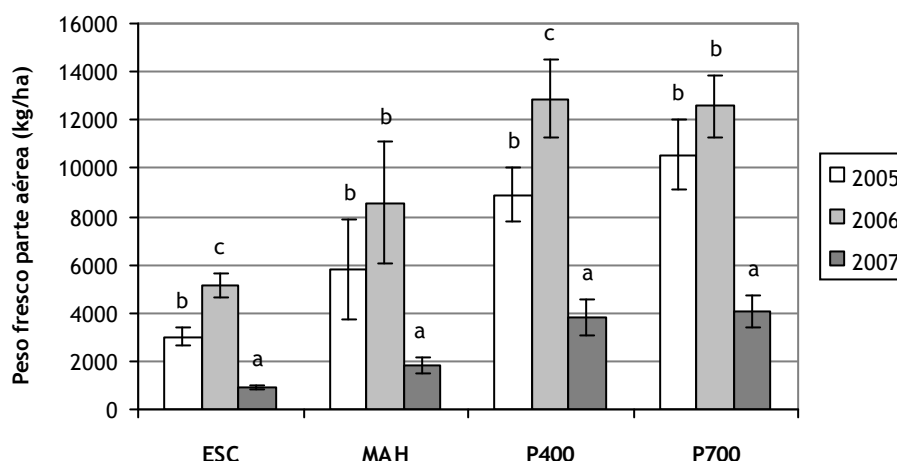


Figura 41. Produción de biomasa (kg/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Os traballos de Aiello *et al.* (2002a), Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003) e Kreft (2005) recollen datos de produción aérea total de máis de un ano de cultivo. Kreft (2005) presenta información de plantas de *E. purpurea* de ata seis anos de idade de 25 plantacións comerciais, pero desafortunadamente son datos recollidos na entrada da equinácea á fábrica de procesamento e os datos están referidos a gramos por brote (g/shoot). Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003) recollen datos de produción de plantas en varios estádios de crecemento, acadando as producións máis altas (en todos os estados de desenvolvemento) no segundo ano de cultivo, pero lamentablemente, nos estados avaliados de plena floración e de cabezuelas con sementes inmaduras, só se aportan datos de segundo ano de cultivo. Aiello e *et al.* (2002a) presentan datos do segundo e terceiro ano de cultivo de *E. purpurea* en campo; é tamén o segundo ano, cunha diferenza de 6,2 t/ha, o ano coa colleita en peso fresco máis elevada.

Na evolución dos tratamentos nos tres anos de cultivo observamos que son as plantas das bancadas acolchadas co polietileno de 400 galgas as que acadan as máximas producións de biomasa no segundo ano de cultivo, 12,9 t/ha, seguidas polas 12,6 t/ha acadadas, nese mesmo segundo ano, nas bancadas acolchadas co polietileno negro de 700 galgas (Figura 41).

Hai que destacar a maior homoxeneidade nas producións, comparando o primeiro e segundo ano de cultivo, das bancadas acolchadas con malla antiherba e con polietileno negro de 700 galgas (Figura 41). Estes tratamentos non mostran diferenzas significativas nos dous primeiros anos de cultivo, a pesar da menor cantidade de chuva caída entre abril e xullo do segundo ano de cultivo e dos 1,4-3,2 °C e 0,3-3,8 °C menos nas temperaturas máximas e mínimas rexistradas, respectivamente.

Si observamos a evolución da biomasa para cada unha das partes aéreas (flores, follas e talos), vemos que a produción de flores presenta diferenzas significativas entre o primeiro e segundo ano para todos os tratamentos, acadando a máxima produción de flores nas bancadas acolchadas cos polietilenos de 400 e



700 galgas, 5,4 e 5,2 t/ha respectivamente, nas recollidas no segundo ano de cultivo (Figura 42). Tamén os italianos Aiello e *et al.* (con datos de produción do segundo e terceiro ano de cultivo) recollen as máximas cantidades de flores no segundo ano de cultivo, aínda que Seemannova e *et al.* (2006), que rexistraron datos de rizomas e de capítulos florais, para os mesmos anos acadaron maiores producións no terceiro ano de cultivo.

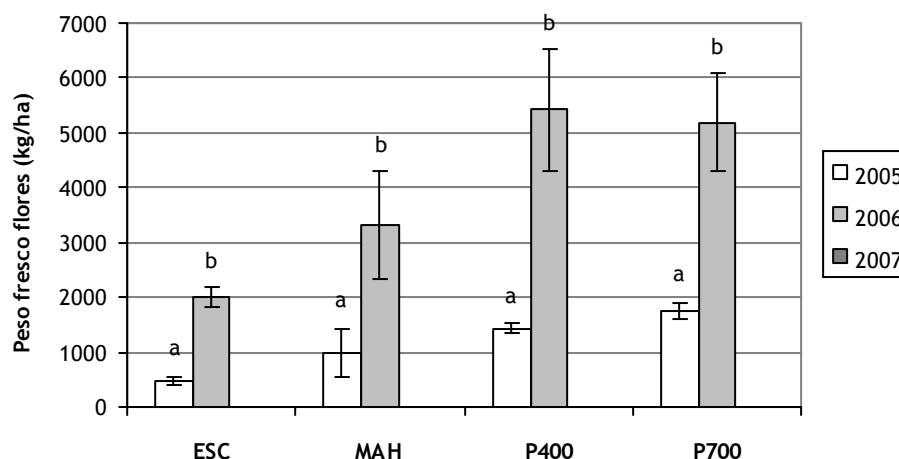


Figura 42. Producción de flores (kg/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Con respecto á produción de follas nos tres anos de *E. purpurea* en campo, vemos como as máximas producións acadáronse no primeiro ano de cultivo nas bancadas acolchadas co polietileno negro de 700 galgas, recollendo 5,6 t/ha de follas frescas, 781 kg máis en termos medios que nas bancadas acolchadas co polietileno negro de 400 galgas. As diferenzas son significativas entre os tres anos para tódolos tratamentos, coa excepción das plantas en acolchado de malla antiherba nas que non aparecen diferenzas significativas na produción de follas entre o primeiro e o segundo ano de cultivo (Figura 43). Na literatura a referencia que temos en termos de produción de follas de equinácea en fresco, para máis dun ano de cultivo, é a de Aiello e *et al.* (2002a). Os datos deste traballo apuntan ao segundo ano como o de máxima produción de follas (tendo en conta que non se presentan datos do primeiro ano de cultivo).

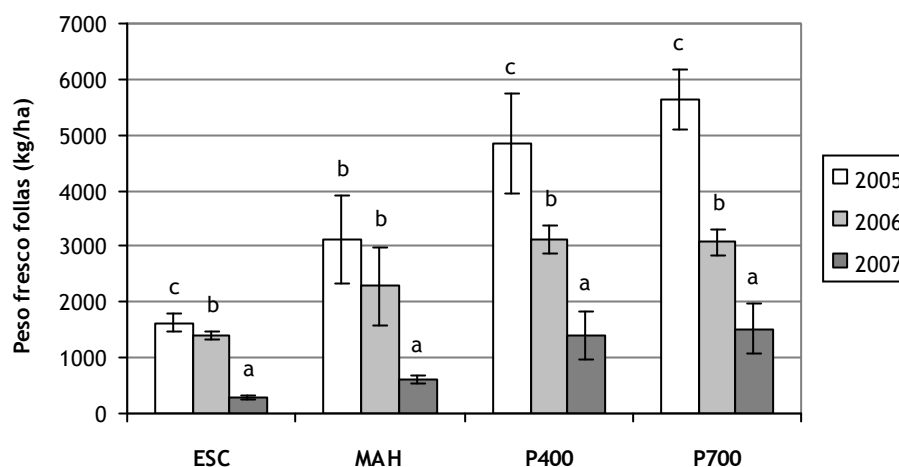


Figura 43. Producción de follas (kg/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando observamos os datos de biomasa en talos para cada un dos tratamentos nos tres anos de estudo, comprobamos que as plantas que se desenvolveron nas bancadas acolchadas cos polietilenos negros non presentan diferenzas significativas entre as producións do primeiro e o terceiro ano de cultivo, acadando en ámbalos dous acolchados as producións máis altas, de 4,3 t/ha, no segundo ano de cultivo (Figura 44). Ao calcular a diferenza entre a produción de talos no segundo e no terceiro ano de cultivo para os datos presentados por Aiello e *et al.* (2002a), o segundo ano preséntase como o de máxima produción de talos, pero os datos do traballo son medias de produción (non se aportan datos das desviacións). Ademais neste caso a diferenza de 600 kg entre os dous anos non é tan importante coma a calculada para o resto de parte das plantas, polo que parece que a produción de talos para o segundo e terceiro ano de cultivo foi moi parella.

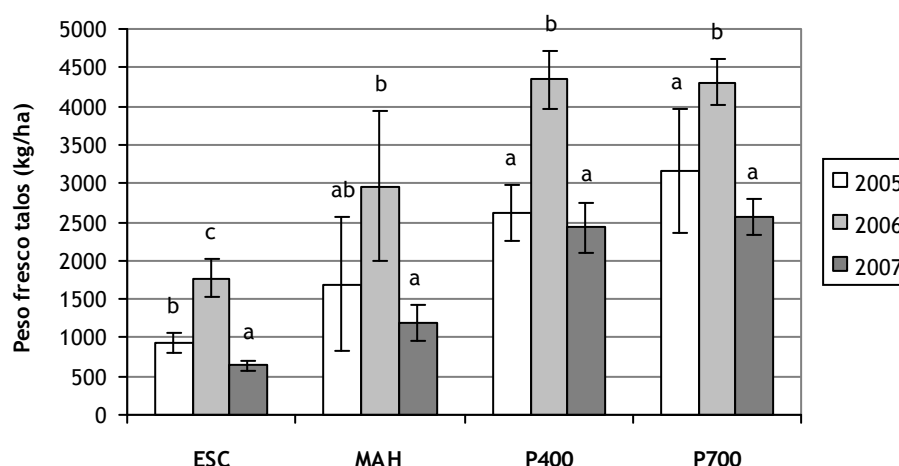


Figura 44. Produción de talos (kg/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.1.1.2. Rendemento da parte aérea seca

Cando nos centramos nos kilos de materia seca por hectárea de *E. purpurea*, colleitados no primeiro ano de cultivo, comprobamos que os máximos rendementos da parte aérea acadáronse nas bancadas acolchadas con polietileno negro, sen atopar diferenzas entre os polietilenos de diferente grosor, acadando valores medios de 2,5-3,0 t MS/ha. As bancadas co tratamento de escarda e aquelas acolchadas coa malla plástica antiherba son as que presentaron os menores rendementos, próximos ás 1,5 t MS/ha, sen mostrar diferenzas significativas entre elas (Figura 45).

Neste primeiro ano de cultivo acadouse un rendemento máximo que duplica o obtido por Romero *et al.* (2014) nas parcelas acolchadas con polietileno negro, nunha investigación previa levada a cabo en Palas de Rei (concello próximo a Lugo) con plantas procedentes do mesmo lote de sementes e coa mesma densidade de plantación. Aiello e Bezzi (1999) recollen tamén datos de rendementos de plantas de *E. purpurea* dun ano de cultivo en Romanía. As 1,7 t MS/ha recollidas tamén están por debaixo das medias acadadas neste estudo para o mesmo marco de plantación de 50 x 30 cm. Rendementos máis elevados son acadados en cultivos de equinácea con densidades de plantación máis altas, como no caso referido por Bomme en Alemaña (Aiello e Bezzi, 1999) de 4,5-6,9 t MS/ha, obtidas por sementeira directa ou as aproximadamente 10,3 t MS/ha recollidas por Chen e *et al.* en Taiwan, República de China (2008), calculadas a partir dos datos de gramos por planta e o marco de plantación (30 x 30 cm) presentados polos autores no traballo.

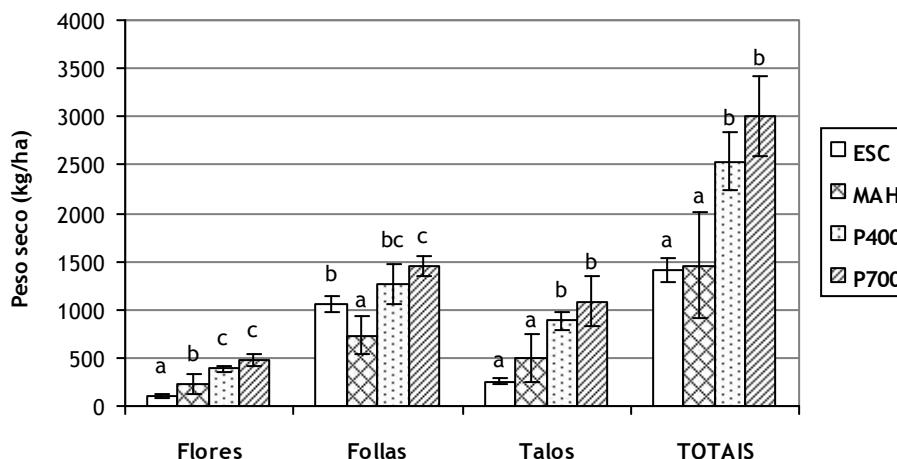


Figura 45. Rendementos das partes aéreas de *E. purpurea* (kg MS/ha) dos distintos tratamentos no 1º ano de cultivo (2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

En canto ás diferentes partes aéreas, as follas acadaron os valores máis altos, con rendementos que oscilaron entre as 0,5-1,5 t MS/ha, seguidas por talos e flores. As cantidades de follas máis altas foron recollidas nas bancadas acolchadas cos polietilenos negros. Cabe destacar a cantidade de folla colleitada nas bancadas con tratamento de escarda. Se ben as porcentaxes medias das partes aéreas das plantas desenvolvidas nas bancadas acolchadas son 15% flores, 50% follas e 35% talos, as plantas das bancadas onde se realizaba a escarda manual presentaban unhas porcentaxes de 7% en flores, 75% en follas e 18% en talos. As plantas das bancadas acolchadas presentaron un desenvolvemento temperán (comportamento observado en campo) se as comparamos con aquelas que creceron nas bancadas onde se realizaron as tarefas de escarda; parece que a implantación demorouse nestas bancadas podendo ser a causa da súa baixa porcentaxe de flores e de talos.

En termos estatísticos, non existen diferenzas significativas entre o tratamento de escarda e o do polietileno de 400 galgas. As bancadas cubertas con malla plástica antiherba son as que presentan os rendementos medios de follas máis baixos, os cales non chegan a acadar unha tonelada por hectárea.

O rendimento de flor foi de 299 kg/ha de media, aparecendo diferenzas significativas entre os polietilenos e o resto de tratamentos e entre a escarda e a malla entre si. O comportamento dos talos segue a mesma tendencia que a produción total, destacando os rendementos medios de 0,8-1,0 t/ha dos polietilenos (Figura 45).

No ensaio levado a cabo en Palas de Rei, Lugo (Romero *et al.*, 2014), nas bancadas acolchadas con polietileno negro recolléronse 87,1 kg MS/ha de flores, 1,1 t MS/ha de follas e 359,5 kg MS/ha de talos. Son rendementos máis baixos cós rexistrados nesta investigación. No que si hai coincidencia é no de acadar, dentro do conxunto aéreo, os máximos rendementos en follas.

Se comparamos os datos cos recollidos por Chen *et al.* (2008) de: 3,5 t MS de flores, 4,9 t MS de follas e 1,9 t MS de talos por hectárea. Unha densidade de plantación 2,5 veces máis alta e a fertilización de 100 kg N/ha, 60 kg  $P_2O_5$  e 100 kg de  $K_2O$  parecen ser as causas destes rendementos. O mesmo acontece coas 2 t MS/ha de flores recollidas por Seemannová *et al.* (2006), cunha densidade de plantación de case o dobre por hectárea (non se presentan datos de estado inicial do solo ou de aplicación de enmendas).

Os rendementos da colleita da parte aérea, no segundo ano de cultivo, oscilaron entre as 2,3 t MS/ha obtidas nas bancadas onde se realizou a escarda manual e as 4,4-4,5 t MS/ha das bancadas acolchadas cos polietilenos (Figura 46). Do mesmo xeito que o ano anterior, atopamos diferenzas significativas entre os polietilenos e o resto de tratamentos, e non as atopamos entre o tratamento de escarda e a malla antiherba. Esta tendencia séguena tamén as follas neste segundo ano, cunha colleita media de 0,9 t/ha.

Nesta segunda colleita as cantidades máis altas da parte aérea acadáronse cos talos, que constituíron o 43% do total, seguidos polas flores cun 32% e polas follas, 25%. É necesario sinalar a boa porcentaxe de flores e confirmar a implantación tardía das plantas desenvolvidas nas bancadas con tratamento de escarda, xa que neste segundo ano as porcentaxes das distintas partes aéreas con respecto ao total xa están dentro da media do conxunto dos tratamentos, o que non aconteceu o ano anterior. Seguindo coas flores, son os polietilenos, con 1,4-1,5 t/ha, as que consiguen as maiores colleitas. Estes valores medios non presentan diferenzas significativas coas cantidades recollidas nas bancadas con malla antiherba, pero si coas bancadas de escarda. Non existen diferenzas significativas entre os tratamentos de escarda e malla antiherba.

Por último quédanos falar dos talos, que presentan as mesmas diferenzas significativas que as flores, con rango de variacións medias de 1-2 t/ha entre as parcelas con tratamento de escarda e as acolchadas cos dous polietilenos negros respectivamente.

Cando se revisa a literatura, repítese o mesmo que se leva observado de maneira xeral na parte aérea. Densidades de plantación máis altas e, nalgúns casos, o aporte de nitróxeno ao solo, levan a producións e rendementos da parte aérea moito máis elevados. Aiello *et al.* (2002a) acadan 2,1 t MS/ha: 3,1 son flores, 2,9 follas e 6,0 son talos. No caso de Chen *et al.* (2008) son 9,7 as toneladas de materia seca recollidas: 4,3 corresponden ás flores, 3,1 a follas e 2,3 a talos. Con estes valores se observa a variación importante de rendementos entre unhas plantacións e outras; se aos datos anteriores engadimos as 2,2 t MS de flores recollidas por Seemannová *et al.* (2006), pode verse como duns cultivos a outros pasamos das 2,2 t MS/ha (Seemannová *et al.*, 2006) ás 3,1 (Aiello *et al.*, 2002a) e ás 4,3 t MS/ha (Chen *et al.*, 2008), referidas a distintas densidades de plantación de 8, 8,3 e aproximadamente 11,11 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente.

Centrándonos nos datos rexistrados en Palas de Rei (Romero *et al.*, 2014), observamos que neste segundo ano de cultivo, nas parcelas acolchadas con polietileno negro, os rendementos do conxunto da parte aérea son 1,2 t MS/ha máis elevados cós recollidos nesta investigación. Isto repítese en follas e en talos, pero non no rendimento de flores, xa cós 858,6 kg MS/ha recollidos en Palas están por baixo das 1,5 t MS/ha recollidas en Lugo, compensando a produción de follas a baixa produción de flores.

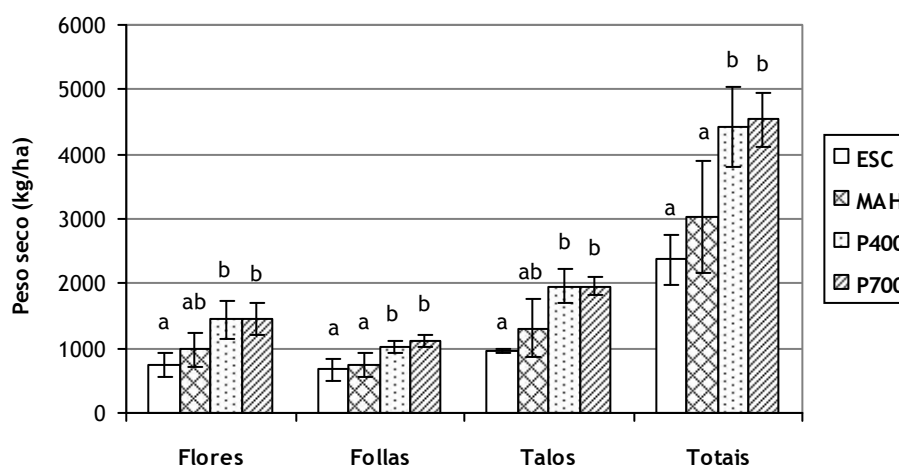


Figura 46. Rendementos das partes aéreas de *E. purpurea* (kg MS/ha) dos distintos tratamentos no 2º ano de cultivo (2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

No terceiro e último ano de cultivo, tal e como se explicou no apartado de recollida da parte aérea da planta (material e métodos), tivo que adiantarse a colleita a principios do mes de xuño, polo que todos os parámetros víronse afectados por este feito, incluído o rendimento da parte aérea das plantas.

Cando nos centramos nos rendementos do conxunto da parte aérea, observamos a mesma tendencia que nos anos anteriores. Cunha colleita de 0,3-1,0 t/ha, os rendementos máis baixos acádanse nas bancadas onde se realiza a escarda e a malla e os máis altos nas bancadas acolchadas cos polietilenos (Figura 47).

Por outro lado, a baixa colleita de flores, a maioría moi alonxadas da plena floración, impediu conseguir o número de mostras suficiente para avaliar e discutir os datos, polo que, neste terceiro ano, só podemos comparar a colleita de follas e talos do conxunto da parte aérea total. Os talos, constituindo o 60% do total aéreo, acadan os rendementos en seco máis importantes e seguen a mesma tendencia do conxunto da parte aérea en canto as diferenzas significativas entre tratamentos. As follas, que varían dos 90 kg/ha de media recollidos nas bancadas co tratamento de escarda e as 0,3-0,5 t/ha dos tratamentos de polietilenos, rompen coa tendencia anterior e acadan os máis altos rendementos co tratamento de polietileno de 700 galgas, que presenta diferenzas significativas co resto de tratamentos.

Con respecto á literatura e aínda que os resultados acadados non son comparables debido á colleita anticipada, móstranse as 10,6 t MS/ha recollidas por Aiello *et al.* (2002a) nas que 2,4 t correspóndense con flores, 2,6 con follas e 5,7 con talos, ademais das 3,5 t MS/ha de flores rexistradas por Seemannová *et al.* (2006) na República Eslovaca, nas que se empregan densidades de plantación moi próximas (8 e 8,3 plantas/ha).

Por outro lado, os rendementos acadados en Palas de Rei (Romero *et al.*, 2014), nas parcelas acolchadas con polietileno negro, no terceiro ano de cultivo, son pouco máis da metade dos referidos na literatura, 5,8 t MS/ha (900,2 kg MS/ha de flores, 2,1 t MS/ha de follas e 2,8 t MS/ha de talos), empregando case a metade de plantas por hectárea de italianos e eslovacos.

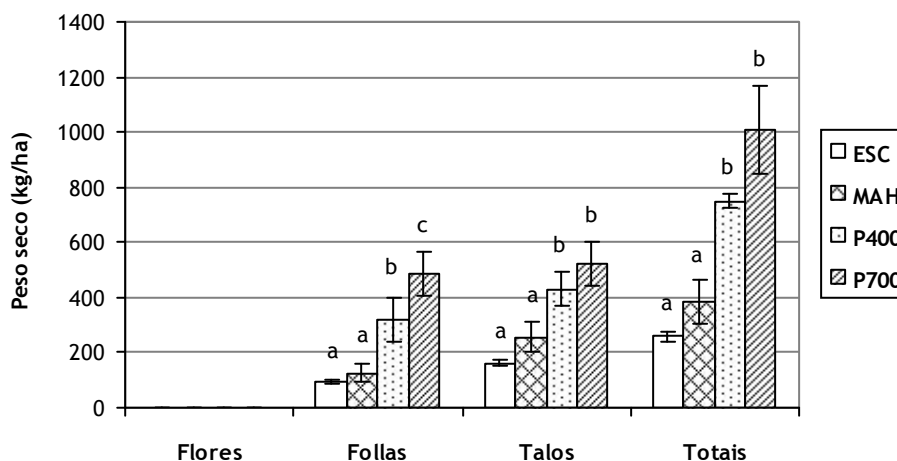


Figura 47. Rendementos das partes aéreas de *E. purpurea* (kg MS/ha) dos distintos tratamentos no 3º ano de cultivo (2007, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

A evolución dos rendementos ao longo dos tres anos de cultivo sinalan claramente o segundo ano de cultivo como o mellor de cara a obter o maior rendimento da parte aérea das plantas, seguido do primeiro e do terceiro ano, tal e como se pode observar na Figura 48. Os italianos Aiello *et al.* (2002a) tamén acadan os máximos rendementos no segundo ano de cultivo, aínda que hai que ter presente que no seu traballo non aparecen referencias do primeiro ano despois da plantación. Chen *et al.* (2008), sen embargo, acadan o máximo rendimento no primeiro ano de cultivo dos dous avaliados.

Ao comparar os datos rexistrados en Palas de Rei (Romero *et al.*, 2014), é no terceiro ano de cultivo onde se acadan os rendementos máis altos, pero tanto o segundo como o terceiro ano presentan rendementos moi similares.



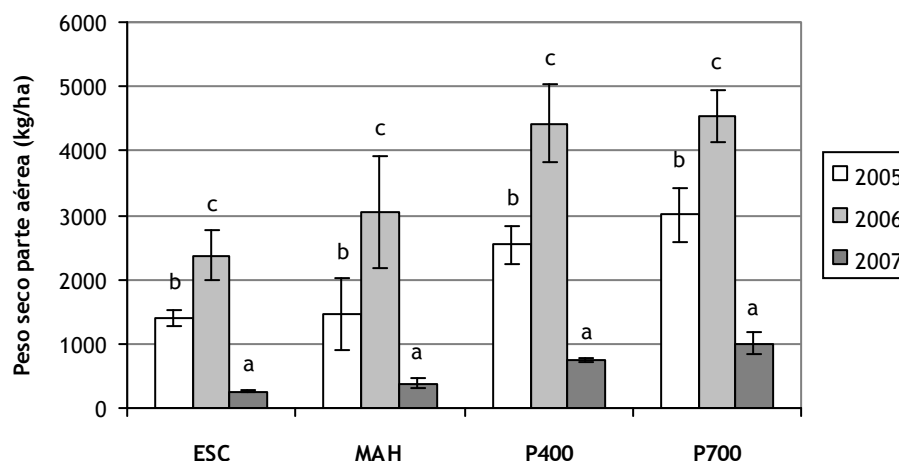


Figura 48. Rendemento do conxunto da parte aérea (kg MS/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

As flores e talos (Figuras 49 e 51) seguen a mesma tendencia que o conxunto da parte aérea, acadando os rendementos máis elevados no segundo ano de cultivo. As follas rompen con esta tendencia e en función dos tratamentos se acadan diferentes resultados. Nas bancadas onde se realizou a escarda manual, así como nas bancadas acolchadas con malla antiherba, as producións de primeiro e segundo ano non presentan diferenzas significativas. Nos polietilenos de 400 e 700 galgas é claramente o primeiro ano de cultivo o mellor de cara a alcanzar os máximos rendementos de folla en peso seco (Figura 50). Para Chen *et al.* (Chen *et al.*, 2008) tamén é o primeiro ano o mellor para acadar os máximos rendementos.

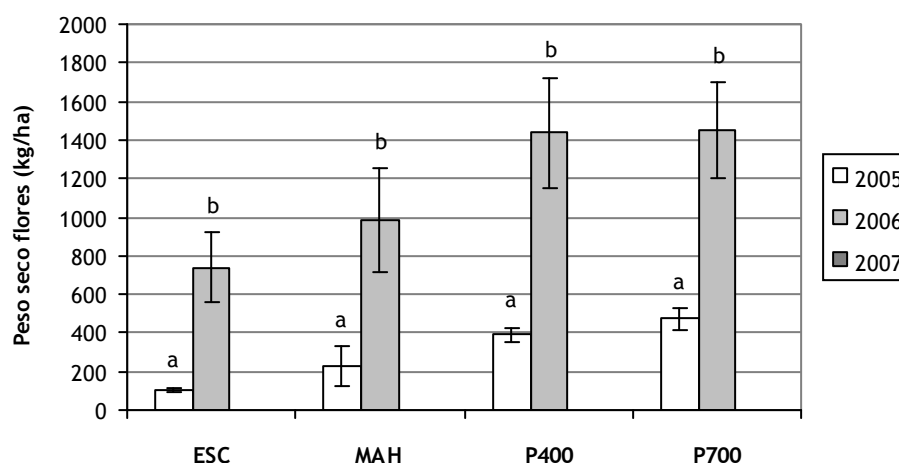


Figura 49. Rendemento en flores (kg MS/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Na literatura obsérvase que, a excepción dos rendementos de follas en Taiwan, os maiores rendementos de cada unha das partes do conxunto aéreo de *E. purpurea* rexístranse ao segundo ano de cultivo, tanto en Italia (Aiello *et al.*, 2002a) coma en Taiwan (Chen *et al.*, 2008). En Palas de Rei (Romero *et al.*, 2014) tamén son as follas as que presentan distinta tendencia que o conxunto aéreo (3º ano de cultivo) cos máximos rendementos no segundo ano de cultivo.

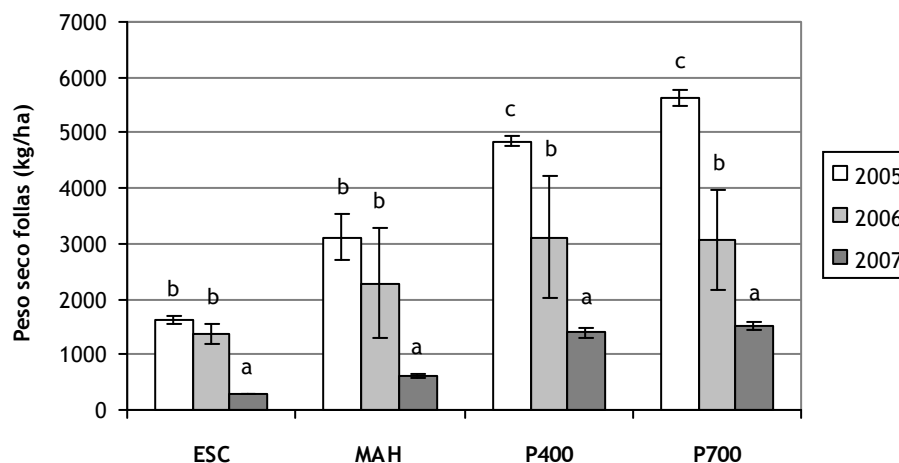


Figura 50. Rendemento en follas (kg MS/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

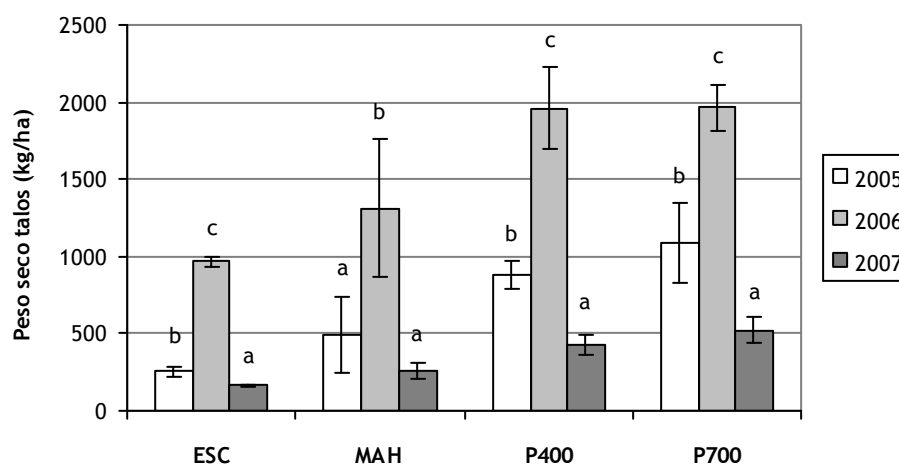


Figura 51. Rendemento en talos (kg MS/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.1.1.3. Rasgos morfolóxicos

Ademais de cuantificar a produción en peso fresco e en peso seco das plantas de *E. purpurea* desenvolvidas en cada tratamento, recolléronse e analizáronse outro tipo de parámetros morfolóxicos que influíron directamente no rendemento das plantas, como a altura da planta e o número de talos e flores por planta.

##### 4.1.1.3.1. Altura da planta

No primeiro ano de cultivo (2005), as plantas máis altas desenvolvéronse nas bancadas cubertas cos polietilenos de 400 e de 700 galgas, alcanzando alturas medias de 64,52 e 63,87 cm respectivamente, presentando diferenzas significativas coas plantas que creceron nas bancadas de escarda que só chegaron a alcanzar unha media de 52,36 cm de altura (Figura 52). Todas estas medidas están por riba dos 46,21 cm de media rexistrados por Chen os seus colaboradores (Chen *et al.*, 2008) e por baixo dos 95,6 cm aportados por Kreft (2014).

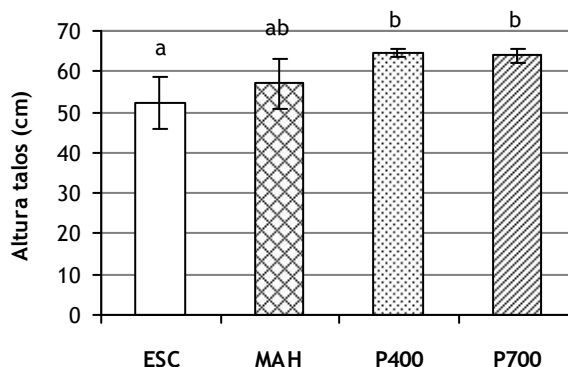


Figura 52. Altura (cm) de *E. purpurea* no 1º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

A principios do mes de xullo do 2006, antes de comezar a segunda colleita de equinácea, anotáronse as alturas dos talos das plantas que xa presentaban as flores apicais na etapa de desenvolvemento de plena floración. As alturas medias acadaron os 54,53 cm nas bancadas co tratamento de escarda e os 83,96 cm nas bancadas cubertas con polietileno de 700 galgas, tal e como pode verse na Figura 53. Observáronse tamén diferenzas significativas entre tratamentos seguindo a mesma tendencia do primeiro ano. Estas alturas están por riba dos 48,32 cm rexistrados por Chen *et al.* (2008) e por debaixo dos 103 cm medidos por Aiello *et al.* (2002a), así como dos 98,88 cm anotados por Kerft (2014) en Eslovenia.

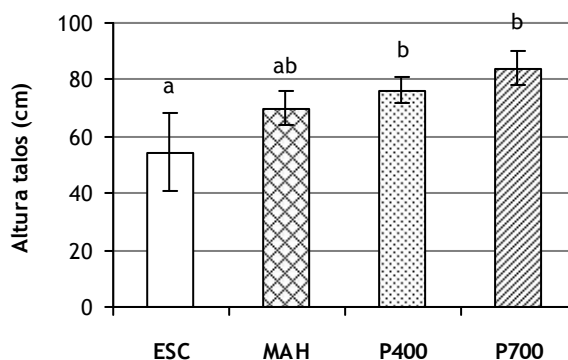


Figura 53. Altura (cm) de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Debido ao levantamento do ensaio antes das datas programadas, presentamos os datos de altura de talos a un mes, mes e medio de ter alcanzado a altura máxima de crecemento. Comprobamos que no mes de xuño de 2007 os talos atopábanse na etapa de elongamento, acadando alturas medias que oscilaban entre os 35,98 cm e os 43,77 cm, sen observar diferenzas significativas entre os tratamentos (Figura 54). As referencias en altura de plantas de tres anos de permanencia en campo que se atopan na literatura, son os 109 cm e os 92,52 cm acadados en Italia (Aiello *et al.*, 2002a) e Eslovenia (Kreft, 2014) respectivamente.

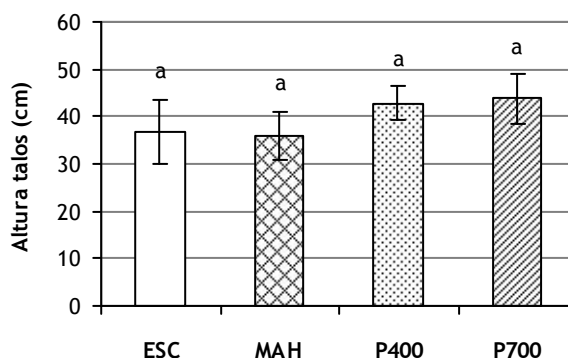


Figura 54. Altura (cm) de *E. purpurea* no 3º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Ao observar a evolución das alturas nos tres anos de cultivo para cada tratamento, vemos que as bancadas cubertas cos polietilenos e coa malla antiherba acadan as alturas máximas o segundo ano de cultivo, seguidas polo primeiro e terceiro ano. Estes resultados están en consonancia cos rendementos alcanzados no conxunto da parte aérea. No caso das bancadas nas que se realizou a escarda manual, as medias dos datos rexistrados mostran a mesma tendencia, pero non se atoparon diferenzas significativas entre os tres anos de rexistro de alturas (Figura 55).

No que respecta á literatura, recóllense diferenzas entre os anos con rexistro de alturas máximas. Para os italianos (Aiello *et al.*, 2002a) produciuse no terceiro ano de cultivo, mentres que para Kreft (2014) no segundo ano de cultivo. En ámbolos dous casos non coincide o máximo de altura co máximo de produción da parte aérea de *E. purpurea*, que sería o segundo ano para os italianos e o primeiro para o esloveno.

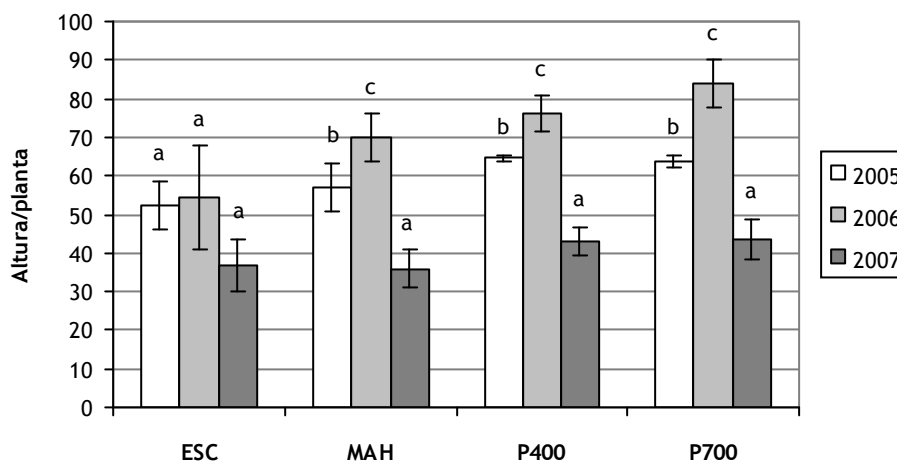


Figura 55. Evolución das alturas (cm) de *E. purpurea* nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.1.1.3.2. Número de flores

O número de flores, no primeiro ano de cultivo, foi cuantitativamente superior nas bancadas acolchadas con polietileno negro de 700 galgas, cun valor medio de aproximadamente 7 flores por planta, seguidas das bancadas cubertas con polietileno de 400 galgas e malla antiherba con medias próximas a 6 e 4 flores por planta respectivamente. As plantas que se desenvolveron nas bancadas onde se realizaron

escardas manuais mensuais foron as que presentaron o menor número de flores, cun valor medio que rondou as 2 flores por planta (Figura 56). Isto debeuse á precocidade na produción dos acolchados, o que propiciou o desenvolvemento das plantas en mellores condicións medio ambientais.

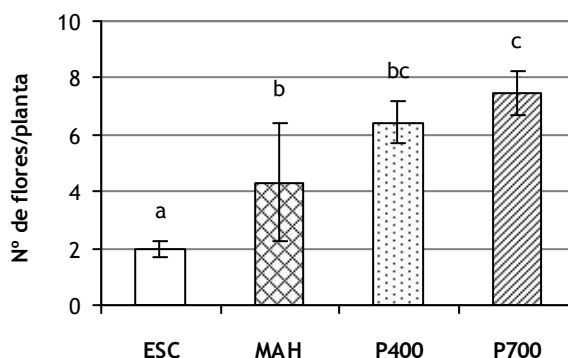


Figura 56. Número de flores por planta segundo o tratamento no 1º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

No segundo ano de cultivo, o número de flores rexistrado nas bancadas cubertas cos polietilenos superan o dobre do rexistrado nas bancadas co tratamento de escarda. A media máis alta alcanzouse no polietileno de 400 galgas, con case 26 flores por planta, mentres que no caso do polietileno de 700 galgas e da malla antiherbas as flores recollidas foron aproximadamente 23 e 17 en cada un dos tratamentos. Ao igual que pasou o primeiro ano, a bancada que menor número de flores produciu foi a sometida ao tratamento de escarda (Figura 57). Nesta anada non apareceron diferenzas significativas entre os tratamentos de escarda e malla antiherba.

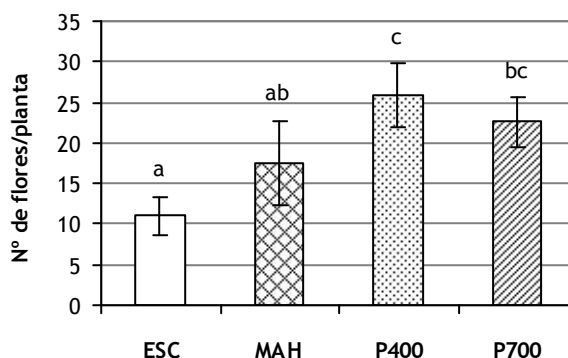


Figura 57. Número de flores por planta segundo o tratamento no 2º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

O rexistro do número de flores, a 6 de xuño de 2007, indica que moitas das plantas do ensaio atopábanse rematando a fase de elongamento do talo foliar. Das 216 plantas recollidas para a estimación da produción de raíces do segundo ano de cultivo, unhas 47 presentaban flores, pero só unha flor de todas elas estaba no estado vexetativo óptimo, de plena floración, para a súa colleita. Como non se puideron recoller as mostras suficientes para realizar os cálculos correspondentes, así como para realizar a posterior análise estatística, non se presentan datos de flores do terceiro ano de cultivo.



Nos dous anos de cultivo dos que temos mostras comparables, o primeiro e o segundo ano, é no segundo ano onde acadamos as máximas producións, incrementándose ata 4 veces o número de flores recollidas (Figura 58).

Os únicos datos da literaturas que fan referencia ao número de flores, son os rexistrados por Chen *et al.* (2008), en plantas de un e dous anos de permanencia en campo. O elevado número de flores, 19,40 e 32,73, no primeiro e segundo ano respectivamente, indica un elevado número de talos florais, o que explica as elevadas producións das plantas con alturas moi por debaixo da media do conxunto dos datos rexistrados neste traballo e na literatura.

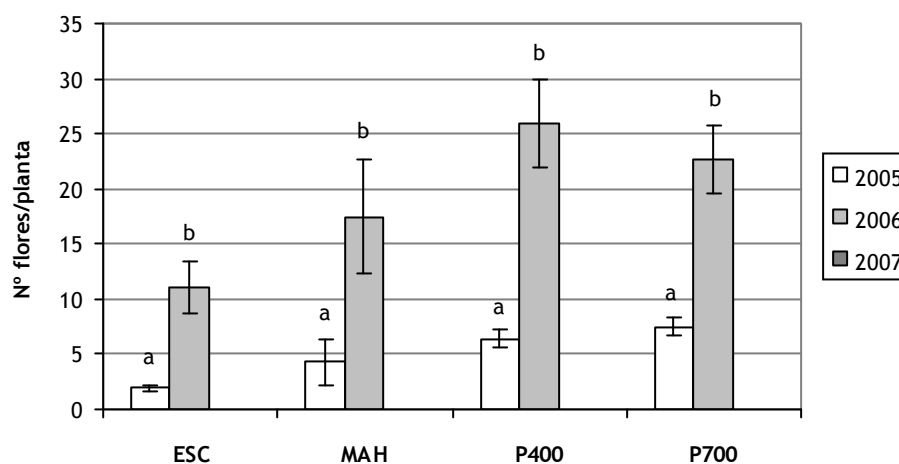


Figura 58. Evolución do número de flores de *E. purpurea* nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.1.1.3.3. Número de talos

O número de talos das plantas das 12 bancadas de estudo, no primeiro ano de cultivo, foi similar entre tratamentos (Figura 59). O máximo número de talos por planta obtívose nunha das bancadas cubertas con polietileno de 700 galgas (5 P700), nunha planta que produciu un total de 10 talos florais (cunha produción de 34 flores: 11 no talo principal e 23 repartidas entre os 9 talos restantes, alcanzando unha altura de 101,55 cm).

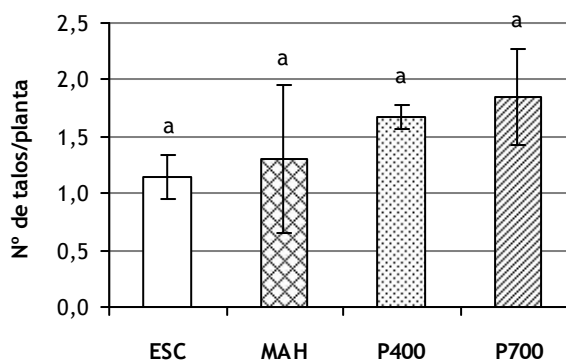


Figura 59. Número de talos por planta segundo o tratamento no 1º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

No segundo ano de cultivo produciuse unha explosión na emisión de talos florais por parte das plantas de *E. purpurea*, rexistrando medias de 14 a 15 talos por planta nas bancadas acolchadas cos polietilenos e de 11 a 12 nas bancadas con tratamento de escarda e cubertas con malla antiherba respectivamente (Figura 60). Cando observamos o análise estatístico, vemos como neste ano as bancadas acolchadas cos polietilenos presentan diferenzas coas bancadas de escarda, sen apreciar diferenzas entre os tratamentos de escarda e malla.

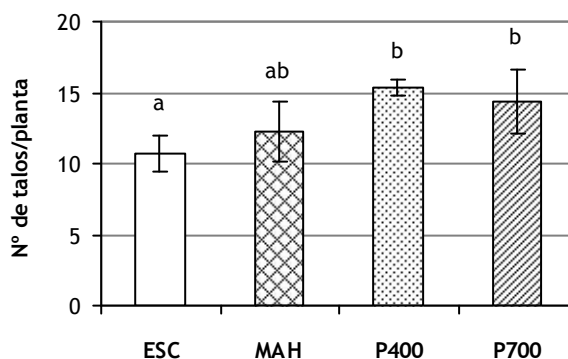


Figura 60. Número de talos por planta segundo o tratamento no 2º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

As plantas de *E. purpurea* de máis dun ano tenden a emitir os talos florais de cara ao exterior do rizoma. Cando as plantas do noso ensaio comezaron a emitir os talos florais no terceiro ano de cultivo, algúns deles iniciaron o seu desenvolvemento por debaixo dos acolchados plásticos: o 4,2% nas bancadas cubertas coa malla antiherba e nas bancadas con polietileno de 700 galgas e ata o 8,6% das plantas nas bancadas cubertas co polietileno de 400 galgas, polo que foi necesario realizar uns pequenos cortes no plástico ao redor das plantas.

A terceira colleita desvela, polo tanto, un dato importante de cara a cultivos de *E. purpurea* nos que o método de control da flora arvense sexan os acolchados plásticos: cando as plantas se atopen no estado vexetativo de roseta, haberá que realizar uns pequenos cortes no plástico que rodee as plantas para garantir o máximo desenvolvemento da equinacea no terceiro ano de cultivo.

Por outro lado, neste terceiro ano de cultivo, as plantas seguen a tendencia do primeiro, sen amosar diferenzas entre tratamentos. Estes resultados poden ser debidos a non ter realizado os cortes nas cubertas plásticas no momento de emisión dos talos florais. Centrándonos nos datos, os rexistros das medias máis altas déronse nas plantas das bancadas cubertas co polietileno de 700 galgas cun número de talos aproximado a 6 (Figura 61).

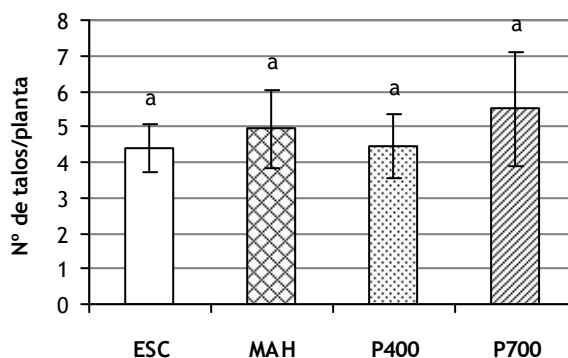


Figura 61. Número de talos por planta segundo o tratamento no 3º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Na Figura 62 podemos observar a evolución do número de talos, nos distintos tratamentos, nos tres anos que permaneceu a *E. purpurea* en campo. Tódolos tratamentos amosan unha tendencia similar. O número máximo de talos acádase no segundo ano de cultivo, reducíndose sustancialmente este número no terceiro ano. A produción de talos no primeiro ano de produción é case anecdótico, dado o hábito de crecemento da especie. Estes resultados non poden ser comparados coa bibliografía, xa que as publicacións non aportan este tipo de datos.

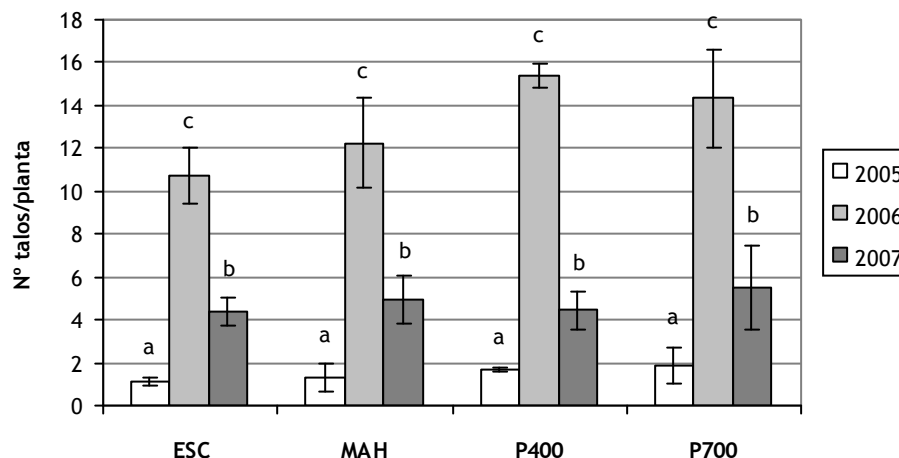


Figura 62. Evolución do número de talos de *E. purpurea* nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.1.2. Parte subterránea

De seguido se mostran os resultados das raíces recollidas nos dous últimos anos do cultivo de *E. purpurea* en campo. A primeira colleita realizouse o 31 de outubro de 2006 e a segunda o 6 de xuño do 2007 (fóra das datas previstas). A discusión dos resultados faise para cada ano (2006 e 2007) e a continuación realízase unha comparativa entre os dous anos.

##### 4.1.2.1. Biomasa da parte subterránea en fresco

No primeiro ano de colleita de raíces, segundo ano de cultivo (2006), recolléronse a metade das raíces que estaban en campo para cuantificar a súa produción. Neste primeiro ano de recollida, as medias de biomasa radicular máis altas acadáronse nas bancadas acolchadas con polietileno de 700 galgas con 4,3 t/ha de raíces frescas recollidas, sen atopar diferenzas significativas entre tratamentos (Figura 63). Comparando estes resultados coa literatura, as producións atópanse por riba das 3,9 t/ha acadadas por Aiello *et al.* (2002a), así como das 3,6 t/ha referidas por Li (1998) a colleitas levadas a cabo en Finlandia e equiparadas coas 4,1 t/ha (90,4 g/planta para densidades de 4,5 plantas/m<sup>2</sup>) observadas por Muntean *et al.* en 1991.

Dentro da literatura, tamén aparecen producións por riba das 4,3 t/ha acadadas neste primeiro ano de colleita: as 7,1 t/ha recollidas en Polonia por Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003) e as 10 t/ha, só de rizomas, acadadas na República Eslovaca por Seemannová *et al.* (2006). As altas producións polacas débense aos estudos previos de selección de *E. purpurea* levados a cabo no *Medicinal Plant Institute in Poznan* (Polonia), para asegurar altas producións, así como elevadas concentracións de contituíntes activos. No caso das producións eslovacas, estas non se acompañan de información da orixe do material vexetal utilizado, se ben, grazas a Galambosi (2004), coñecemos que a finais dos anos 90 na República

Eslovaca realizáronse estudos dirixidos hacia o cultivo comercial da equinácea, polo que seguramente as plantas empregadas proveñan destes estudos previos.

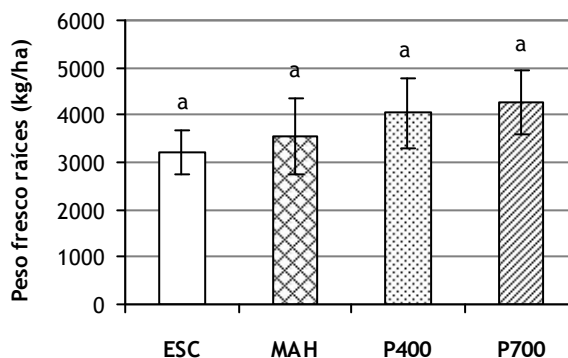


Figura 63. Peso fresco das raíces no 2º ano de cultivo segundo o tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

No terceiro ano de cultivo, con producións medias de raíces de 3,2 a 4,2 t/ha, seguimos atopando a media máis alta nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas, sen atopar diferenzas significativas entre tratamentos (Figura 64). Estes datos non son comparables coa literatura onde recollen producións dende 9,9-11,5 t/ha (Aiello *et al.*, 2002a e 2002b), ata as 14 t/ha só de rizomas acadadas por Seemannová *et al.* (2006).

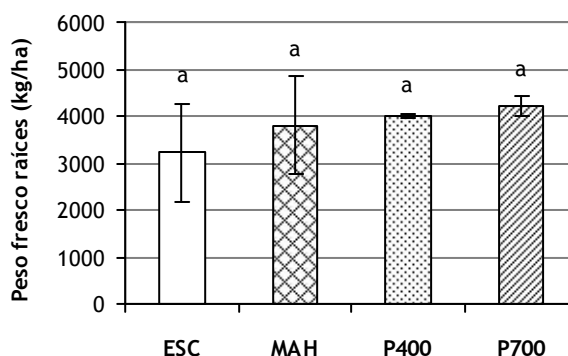


Figura 64. Peso fresco das raíces no 3º ano de cultivo segundo o tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

En canto a evolución da biomasa da parte subterránea, nos dous anos de rexistros, 2006 e 2007, non atopamos diferenzas significativas (Figura 65), debido a que a segunda colleita realizouse case cinco meses antes da data prevista (mediados de outubro). Ao anteriormente dito hai que engadir as boas temperaturas e as precipitacións dos meses de máis calor, xullo e agosto, que auguraban acadar as producións máis altas neste terceiro e derradeiro ano de cultivo.

Grazas aos traballos realizados polos polacos, Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003), e os italianos, Aiello *et al.* (2002a), que rexistraron os pesos frescos das raíces en diferentes estados fenolóxicos en plantas de *E. purpurea*, podemos corroborar o incremento de peso radicular das plantas nos últimos estádios de crecemento, con respecto aos estádios próximos á floración.

Os polacos, Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003), que estudaron a produción de raíces, talos, láminas foliares, peciolos, botóns florais e cabezuelas con sementes inmaduras en diferentes estadios de desenvolvemento, nos dous primeiros anos de cultivo. Acadaron incrementos de case 500 g/planta en

raíces, de dous anos de idade, que se atopaban na fase de cabezuelas con sementes inmaduras con respecto a aquelas que se atopaban ao inicio de floración. Os italianos, Aiello *et al.* (2002a), presentan datos de raíces de tres anos de idade recollidas en plena floración (xullo de 1999) e na etapa de repouso vexetativo (outubro de 1999), onde alcanzan producións de 5 t/ha e 10 t/ha respectivamente, o que da un incremento de case 5 t/ha. A relación peso fresco/peso seco, calculada para Aiello *et al.* (2002a), pasa de 2,23 a 2,80 de xullo a outubro, o que explica que unha parte deste incremento débese ao aumento de case 0,6 entre o peso fresco e o peso seco.

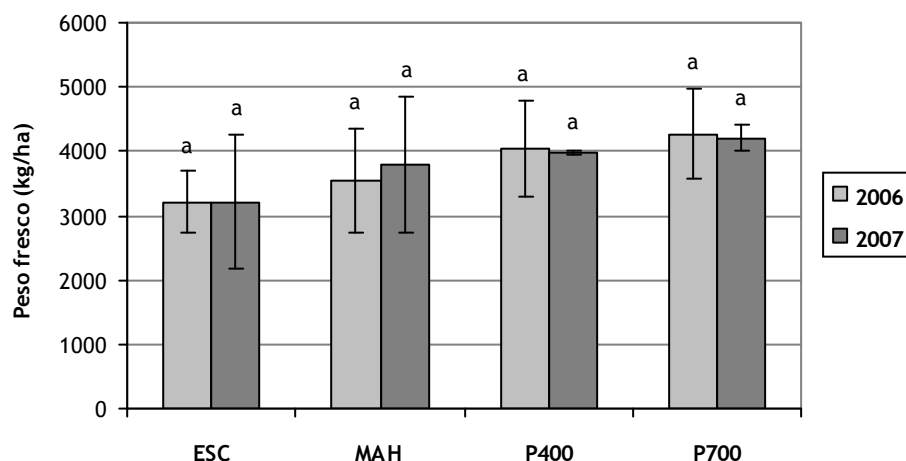


Figura 65. Producción de raíces (kg/ha) de *E. purpurea* entre os distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.1.2.2. Rendemento da parte subterránea seca

Cando observamos os rendementos (kg MS/ha) da colleita de raíces do segundo ano de cultivo, vemos que se acadan as maiores medias nas parcelas acolchadas con polietileno de 700 galgas e que os rendementos oscilan entre 1,0 e 1,4 t/ha de raíces recollidas no conxunto das bancadas, presentando una relación media de peso fresco/peso seco de 3,1 (Figura 66). Estes resultados están por riba das 1,1 t MS/ha recollidas no ensaio de Palas de Rei, nas parcelas cubertas con polietileno negro (Romero *et al.*, 2014). As medias rexistradas nas bancadas acolchadas son superiores aos rendementos acadados nalgunha das zonas onde se ensaiou o cultivo de *E. purpurea* en Nova Zelandia (Parmenter e Littlejohn, 1997 e Parmenter e Douglas, 2001). Os máximos rendementos medios, rexistrados nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas,  $1,4 \pm 0,2$  t MS/ha, están preto das 1,6 t/ha acadadas por Aiello *et al.* (2002a) e alonxadas das 1,8-3,0 t MS/ha acadadas en Costa Rica (Loaiza *et al.*, 2005), das 1,9-2,5 t MS/ha rexistradas en Oregón, Estados Unidos (Callan *et al.*, 2005), das 2 t MS/ha de Polonia (Seidler-Lozykowska e Dabrowska, 2003), das 3 t MS/ha de rizomas recollidos na República Eslovaca (Seemannová *et al.*, 2006) e das 3,9-6,9 t MS/ha alcanzadas en Nova Zelandia por Burton en 1992 (Parmenter *et al.*, 1992). A excepción das aproximadamente 1,9 t MS/ha acadadas por Callan *et al.* (2005) con densidades de 3,1 plantas/m<sup>2</sup>, o resto de rendementos acádanse con densidades de plantación superiores ás 4,5 empregadas neste traballo, que abranguen de 5 a 43 plantas/m<sup>2</sup>.

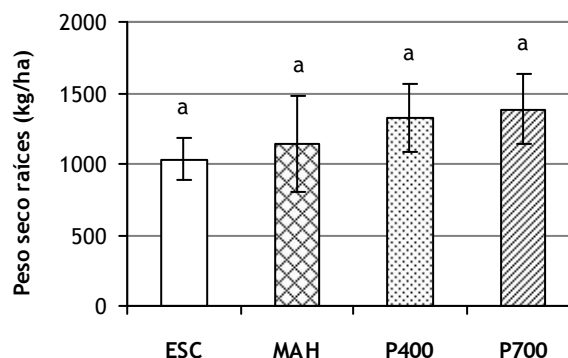


Figura 66. Rendementos en raíces de *E. purpurea* (Kg MS/ha) no 2º ano de cultivo nos distintos tratamentos de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

No segundo ano de recollida de raíces, tal e como vemos na Figura 67, acádanse os maiores rendementos medios, 1,4 t/ha, nas bancadas cubertas con acolchados plásticos de 700 galgas, sen existir diferenzas significativas entre tratamentos.

Aínda que non podemos comparar os rendementos das raíces de terceiro ano rexistrados neste traballo cos datos presentes na literatura, atopamos que as raíces de terceiro ano de cultivo, recollidas no momento de repouso vexetativo (entre mediados e finais de outubro), acadan rendementos que están entre as 3,5 t MS/ha (Aiello *et al.*, 2002a), as 4,3 t MS/ha (Aiello *et al.*, 2002b), e as 5 t MS/ha (Seemannová *et al.*, 2006).

Tal e como se adiantaba na discusión dos resultados das raíces en peso fresco, o feito de ter recollido as raíces antes de tempo e de comprobar as boas condicións meteorolóxicas que se deron nesa última etapa na que as plantas deberían permanecer no campo, anima a pensar que os rendementos de raíces do terceiro ano de cultivo serían moito máis altos.

No traballo realizado por Seidler-Lozykowska e Dabrowska (2003), comprobamos que as raíces da equinácea incrementaron o seu rendimento en 235 g/planta, dende a etapa vexetativa de inicio da floración á de cabezuelas con sementes inmaduras, así como no traballo de Aiello *et al.* (2002a), que rexistraron un incremento en peso de 1,3 t/ha da etapa de plena floración (xullo) ao repouso vexetativo (outubro).

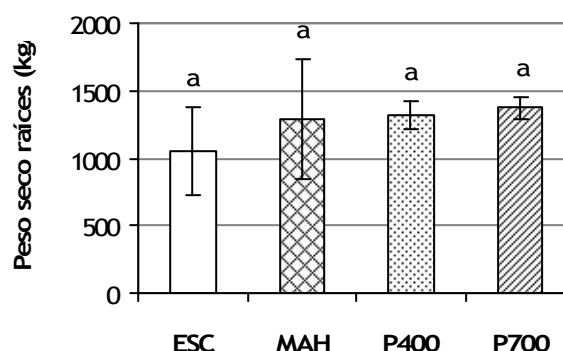


Figura 67. Rendementos en raíces de *E. purpurea* (Kg MS/ha) no 3º ano de cultivo nos distintos tratamentos de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando xuntamos os rendementos das raíces dos dous anos de recollida (2006: segundo ano de cultivo e 2007: terceiro ano de cultivo) e os comparamos para cada tratamento, observamos que non existen



diferenzas significativas entre os valores rexistrados no 2006 e no 2007 (Figura 68), polo que unha recollida adiantada, próxima ao inicio da floración, no terceiro ano de cultivo, levaría a acadar rendementos similares aos do ano precedente, independentemente do método de control de flora arvense utilizado.

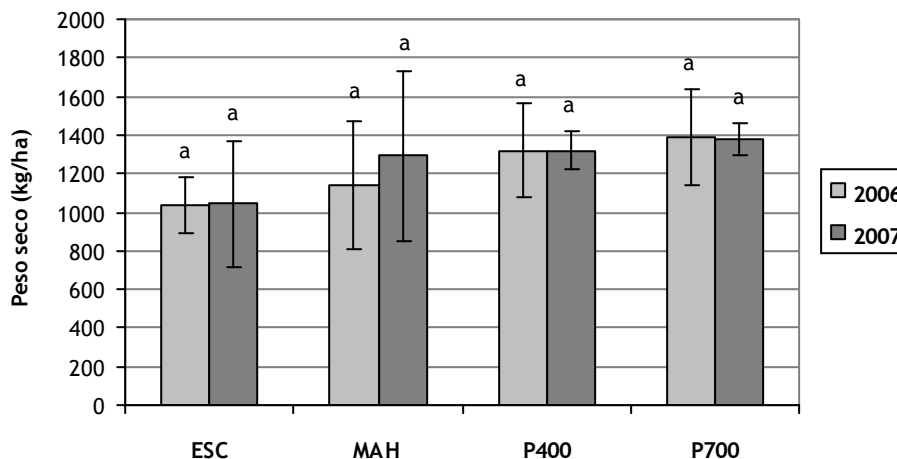


Figura 68. Evolución do rendemento en raíces de *E. purpurea* no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Unha vez presentados os resultados de producións podemos sinalar que:

- As máximas producións en peso fresco da parte aérea, para o conxunto dos tres anos de estudo, recolléronse no segundo ano de cultivo nas bancadas acolchadas con polietileno negro de 400 galgas. Neste segundo ano tamén se recollen as máximas producións de flores e talos nas bancadas cubertas con polietileno, sen atopar diferenzas entre as bancadas acolchadas cos polietilenos de 400 e 700 galgas. As follas rompen esta tendencia alcanzando as producións máis elevadas no primeiro ano de cultivo nas bancadas acolchadas co polietileno negro de 700 galgas.
- En canto ao rendemento da parte aérea nos tres anos de estudo, é no segundo ano de cultivo onde se acadan os valores máis altos nas plantas desenvolvidas nas bancadas cubertas cos polietilenos negros. Isto repítese para flores e talos pero non para as follas, xa que os máximos rendementos rexistráronse no primeiro ano e nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas.
- Altura, número de flores e número de talos por planta acadan os seus máximos valores no segundo ano de cultivo coincidindo cos máximos de biomasa e rendementos da parte aérea. Con respecto aos métodos de control de flora arvense, son as bancadas cubertas cos polietilenos as que alcanzan os valores máximos.
- No que respecta á produción de raíces, non se atoparon diferenzas significativas entre os distintos tratamentos de control de flora arvense. A biomasa recollida foi similar ao comparar as raíces recollidas a 31 de outubro de 2006, no segundo ano de cultivo, e as raíces recollidas a 6 de xuño de 2007, no terceiro e derradeiro ano de cultivo.
- Tampouco existen diferenzas significativas entre os rendementos das raíces de *Echinacea purpurea* L. do segundo e terceiro ano de cultivo, así como entre os tratamentos de control de flora arvense.

#### 4.1.3. Material senescente

Complementando os datos de produción, cuantificouse tamén o material senescente (kg MS/ha) recollido durante as tres colleitas de *E. purpurea*. Case o 100% deste material correspondíase con follas

basais, debido ao hábito de crecemento da especie, xa que as follas basais son as primeiras en aparecer, pasado o período invernal, e polo tanto as primeiras en envellecer.

As bancadas acolchadas con malla plástica antiherba foron as que xeraron as máximas cantidades de material senescente, no primeiro ano de cultivo, e as parcelas onde se practicou a escarda as que menos (420-430 kg de diferenza cos polietilenos e ata 625 kg coa malla antiherba). No segundo ano de cultivo as bancadas de malla seguen acadando as cantidades máximas, pero neste ano é o tratamento de polietileno de 700 galgas o que presenta os valores máis baixos. O terceiro ano de cultivo rompe coa tendencia do tratamento de malla, xerando as cantidades máis baixas de material senescente, acadándose os valores máis altos nas parcelas acolchadas cos polietilenos (Táboa 16).

O incremento de material senescente nas parcelas acolchadas respecto ás parcelas nas que a flora arvense controlouse con escarda seguramente teña que ver co incremento de temperatura que se produce – na superficie dos acolchados debido a que os plásticos negros absorben un 91% da radiación incidente – ese incremento de temperatura, coincidiu no primeiro ano de cultivo coas temperaturas máximas máis elevadas dos tres anos de ensaio, o que puido causar queimaduras nas estruturas da planta en contacto cos acolchados (Robledo e Martínez, 1988), incrementando deste xeito o número de follas basais secas.

Táboa 16. Media, erro estándar e porcentaxe con respecto ao total aéreo do material senescente nos tres anos de cultivo de *E. purpurea* (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

|     |       | Material senescente (kg MS/ha) |       |       |       |       |      | % do total aéreo |      |      |
|-----|-------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------------------|------|------|
|     |       | 2005                           |       | 2006  |       | 2007  |      | 2005             | 2006 | 2007 |
|     |       |                                |       |       |       |       |      |                  |      |      |
|     |       | Media                          | SE    | Media | SE    | Media | SE   | Media            | SE   |      |
| E   | 3     | 7                              | 4     | 7     | 2     | 5     | 1    | 1                | 3    |      |
| SC  | 8,56  | ,75                            | 98,98 | ,18   | 91,12 | ,43   | ,41  | 0,92             | 5,10 |      |
| M   | 6     | 5                              | 8     | 1     | 2     | 3     | 1    | 1                | 2    |      |
| AH  | 63,58 | ,46                            | 62,92 | 0,09  | 27,14 | 3,11  | 4,27 | 3,82             | 0,60 |      |
| P   | 4     | 6                              | 6     | 2     | 5     | 7     | 6    | 7                | 2    |      |
| 400 | 72,10 | 2,29                           | 23,16 | 4,37  | 30,62 | 2,13  | ,86  | ,98              | 4,93 |      |
| P   | 4     | 3                              | 3     | 1     | 5     | 3     | 6    | 4                | 2    |      |
| 700 | 61,75 | 8,47                           | 34,60 | 8,88  | 71,46 | 7,16  | ,24  | ,09              | 0,49 |      |

Polo xeral, tal e como podemos observar na Táboa 16, tódolos tratamentos presentan unha tendencia a incrementar a porcentaxe de material senescente con respecto ao rendemento do conxunto aéreo (flores, follas e talos) a medida que van pasando os anos, agás nas bancadas de malla antiherba e, de xeito máis marcado, nas bancadas cubertas con acolchado de 700 galgas, onde o segundo ano prodúcese unha baixada máis ou menos significativa. A porcentaxe máis alta e máis baixa de material senescente (con respecto á parte aérea) recolleuse nas bancadas nas que se practicou a escarda manual, 1,4% e 35,1% nos anos 2005 e 2007 respectivamente.

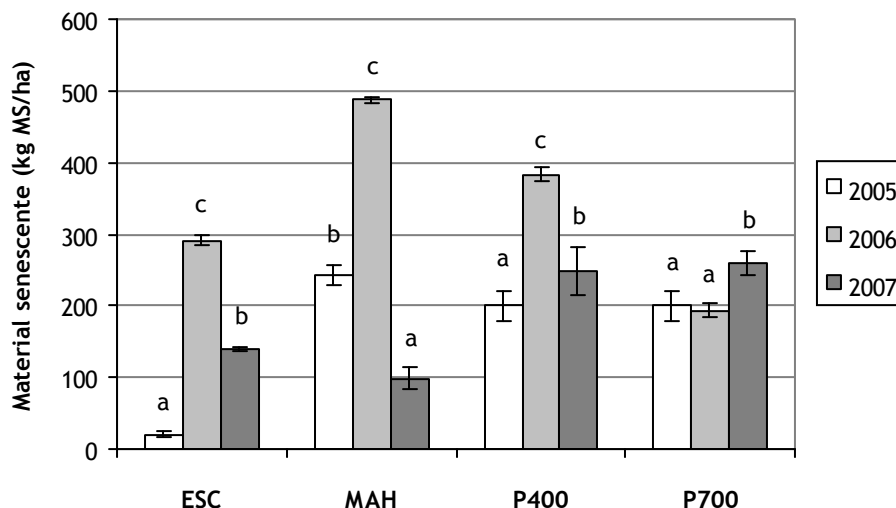


Figura 69. Evolución do material senescente nos tres anos de cultivo de *E. purpurea* (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Na Figura 69, preséntanse a evolución do material senescente, nos tres anos de cultivo, para cada tratamento de control de flora arvense (ESC, MAH, P400 e P700). A excepción das bancadas acolchadas con polietileno de 700 galgas, o resto de tratamentos seguen a mesma tendencia. Os máximos valores de material senescente acadáronse no segundo ano de cultivo, coincidindo cos máximos rendementos da parte aérea.

#### 4.1.4. Mortaldade

No primeiro ano de cultivo houbo que repoñer planta nas tres bancadas cubertas con malla plástica antiherba (MAH). Unha grea de xabarís causou destrozos nas bancadas 20 e 21 MAH situadas cara o exterior da parcela de ensaio, ao carón do punto por onde os xabarís accederon á antiga finca de prácticas da Escola Politécnica Superior. Aínda que as plantas estaban danadas, ningunha presentaba signos de que os xabarís se alimentaran con elas. Ao día seguinte de producirse o dano, nove plantas foron replantadas, pero catro non sobreviviron e houbo que repoñelas traendo planta da zona de aclimatación (ao carón do invernadoiro de investigación da Escola Politécnica Superior) preparada para posibles fallos no transplante. A maiores, unha planta da bancada 8 MAH tivo que ser transplantada, esta vez sin que se coñecera a causa da morte.

En todo o período de permanencia das plántulas no invernadoiro e da estancia posterior na zona de aclimatación non se detectou a presenza de ningunha doenza ou praga das recollidas na literatura. As plantas chegaron en moi boas condicións sanitarias a campo, o que contribuíu a unha excelente implantación (só unha morte das 432 plantas transplantadas a campo).

En canto ao segundo ano de cultivo, a porcentaxe de plantas mortas por tratamento foi do 2,8% nas bancadas nas que se realizou a escarda manual, de menos do 1% nas bancadas cubertas con malla plástica antiherba e do 4,6% nas bancadas acolchadas con polietileno de 400 galgas. Nas parcelas cubertas co acolchado de polietileno de maior grosor, 700 galgas, non se produciu ningunha morte. No terceiro e derradeiro ano de cultivo, con 216 plantas en campo, foron nas bancadas de malla antiherba onde non se rexistraron mortes de plantas, cuantificándose a mortalidade nun 1,9% nas bancadas onde se realizou a escarda manual, menos do 1% nas bancadas cubertas con polietileno de 400 galgas e un 2,8% nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas.

A alta supervivencia das plantas de *E. purpurea* en campo constata a boa adaptación desta especie tanto ás condicións edafoclimáticas do estudo como aos diferentes tratamentos de control de flora arvense avaliados. Das 432 plantas transplantadas a campo o 10 de marzo de 2005 ata o día no que se levou a

cabo a primeira colleita de raíces, 31 de outubro de 2006, 14 plantas morreron (4 pola acción dos xabarís no 1º ano de cultivo). A metade delas presentaban pudrición branda, seguramente debido á presenza dalgún tipo de fungo (3 das 5 plantas estaban roídas polos ratos) e a outra metade estaban secas no momento de retiralas das bancadas do ensaio, seguramente tamén pola acción doutro tipo de fungo. No terceiro ano de cultivo, con 216 plantas en campo, produciuse unha mortalidade do 2,8 %.

O seguimento individual das plantas (nos tres anos de ensaio) axudou a descartar posibles problemas de mortalidade por fungos. Non se produciron focos con alta mortalidade, senon que as plantas que apareceron mortas fixérono en distintas bancadas e foron individuos separados entre si.

Unha vez presentados os resultados de producións podemos sinalar que:

- As máximas producións en peso fresco da parte aérea, para o conxunto dos tres anos de estudo, recolléronse no segundo ano de cultivo nas bancadas acolchadas con polietileno negro de 400 galgas. Neste segundo ano tamén se recollen as máximas producións de flores e talos nas bancadas cubertas con polietileno, sen atopar diferenzas entre as bancadas acolchadas cos polietilenos de 400 e 700 galgas. As follas rompen esta tendencia alcanzando as producións máis elevadas no primeiro ano de cultivo nas bancadas acolchadas co polietileno negro de 700 galgas.
- En canto ao rendemento da parte aérea nos tres anos de estudo, é no segundo ano de cultivo onde se acadan os valores máis altos nas plantas desenvolvidas nas bancadas cubertas cos polietilenos negros. Isto repítese para flores e talos pero non para as follas, xa que os máximos rendementos rexistráronse no primeiro ano e nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas.
- Altura, número de flores e número de talos por planta acadan os seus máximos valores no segundo ano de cultivo coincidindo cos máximos de biomasa e rendementos da parte aérea. Con respecto aos métodos de control de flora arvense, son as bancadas cubertas cos polietilenos as que alcanzan os valores máximos.
- No que respecta á produción de raíces, non se atoparon diferenzas significativas entre os distintos tratamentos de control de flora arvense. A biomasa recollida foi similar ao comparar as raíces recollidas a 31 de outubro de 2006, no segundo ano de cultivo, e as raíces recollidas a 6 de xuño de 2007, no terceiro e derradeiro ano de cultivo. Tampouco existen diferenzas significativas entre os rendementos das raíces de *Echinacea purpurea* L. do segundo e terceiro ano de cultivo, así como entre os tratamentos de control de flora arvense.

## 4.2. COMPOSICIÓN MINERAL

Xa se fixo referencia ao descoñecemento de moitos dos factores de manexo agronómicos que permiten maximizar o rendemento e favorecer a produción de compostos con interese farmacolóxico de *Echinacea purpurea*. Os factores mais estudados son o efecto das distintas densidades de sementeira e a utilización de diferentes doses e tipos de fertilización (nitroxenada, fosfatada ou potásica) para conseguir un aumento de produción (Shalaby *et al.*, 1997; Callan *et al.*, 2005). Pero son moi poucos os que analizan as concentracións dos distintos elementos constitutivos, das distintas partes da planta de *E. purpurea*, e as búsqueda de relacións directas destas concentracións e o contido de principios activos nas mesmas. Bonomelli *et al.* (2005) en Chile, investigaron distintas doses de fertilización nitroxenada e o seu efecto sobre o rendemento, completando o estudo coa análise das concentracións de N, P e K en diferentes partes da planta (flores e botóns florais, follas, ramas e talos, e raíces), e a concentración de microelementos (Cu, Zn, Mn e Fe) en follas. Razic *et al.* (2003) en Iugoslavia, centraron a súa investigación no estudo das concentracións de Ca, Mg e os microelementos Fe, Cu, Mn, Zn e Ni en flores, follas, talos e raíces. Os datos de composición mineral de *E. purpurea* obtidos por estes autores son practicamente os únicos dispoñibles na literatura, xa que a maior parte dos estudos de composición nutritiva da planta céntranse nos compostos con actividade farmacolóxica.

O coñecemento dos valores dos distintos elementos minerais presentes en *E. purpurea* nos poden axudar a estimar as extraccións que estas plantas fan deles, sendo de gran valor á hora de tentar coñecer os posibles requirimentos nutricionais do cultivo, así como para establecer as posibles enmendas a realizar para manter producións rendibles.



Por outro lado, e posto que o fin último do cultivo da equinácea é o seu uso medicinal, os niveis presentes na planta dalgúns destes elementos minerais, en concreto dos denominados metais pesados, teñen que estar dentro duns parámetros determinados para que non resulten tóxicos para o ser humano e polo tanto é imprescindible coñecer as súas concentracións nas plantas ou nas partes das plantas que se destinen para este uso.

#### 4.2.1. Carbono

A porcentaxe de carbono presente nas distintas partes aéreas da planta de *E. purpurea* aproxímase ao valor considerado como adecuado para as plantas superiores de 45 % (Epstein, 2005). As diferenzas significativas, entre tratamentos, atopámolas soamente nos talos: entre a escarda e os polietilenos no primeiro ano de cultivo (Figura 70) e entre os polietilenos e o resto de tratamentos no segundo ano (Figura 71).

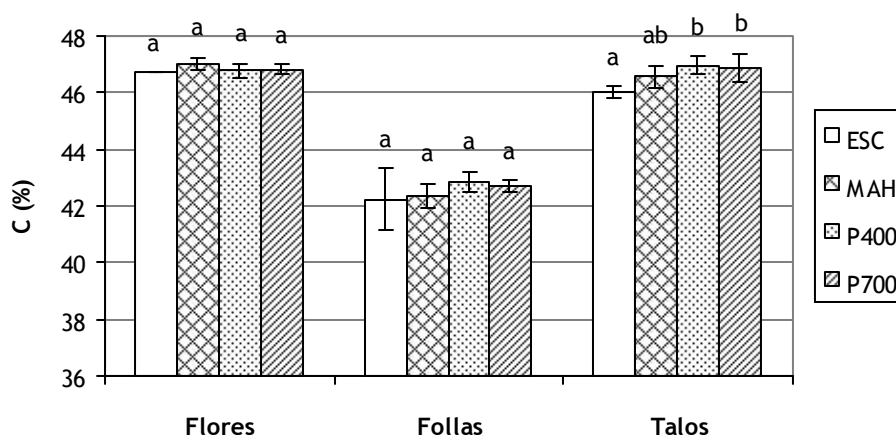


Figura 70. Concentracións de C (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

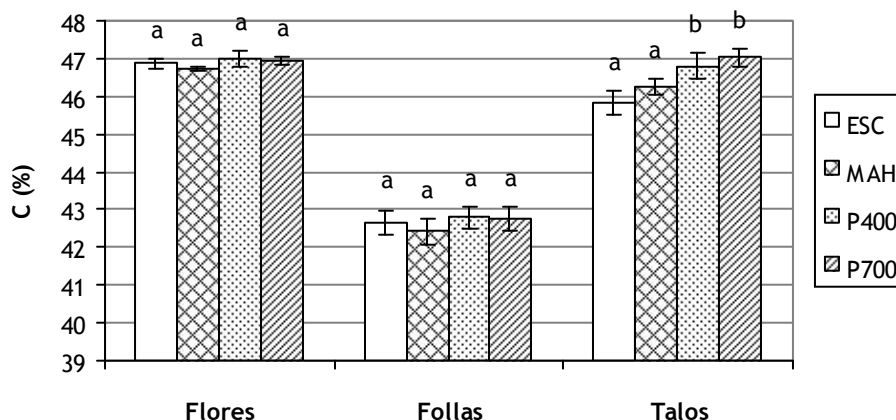


Figura 71. Concentracións de C (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.2. Macronutrientes primarios

Da Figura 72 á 77 móstranse as porcentaxes de N, P, K nas distintas partes da planta de *E. purpurea*, recollida en plena floración durante os dous primeiros anos de cultivo.



## 4.2.2.1. Nitróxeno

No primeiro ano, as plantas que se desenvolveron nas parcelas de escarda e malla antiherba, presentaron porcentaxes de N máis altos en flores, follas e talos (Figura 72), isto cambiou no segundo ano, onde flores e talos presentan concentracións máis ou menos constantes entre tratamentos, rexistrando as porcentaxes de N máis baixas nas follas das plantas que se desenvolveron nas bancadas acolchadas con polietileno de 700 galgas (Figura 73).

O contido de N nas flores e nas follas foi moi similar, mentres que os talos presentaron niveis moi baixos de nutrientes, como esperabamos, xa que trátase de talos florais ben desenvolvidos. As porcentaxes de N estiveron dentro do promedio atopado por Bonomelli *et al.* (2005) para toda a planta de *E. purpurea* fertilizada con azote mineral (1,8 a 2,8 %), aparecendo diferenzas significativas en flores e follas e non en talos (Figuras 72 e 73).

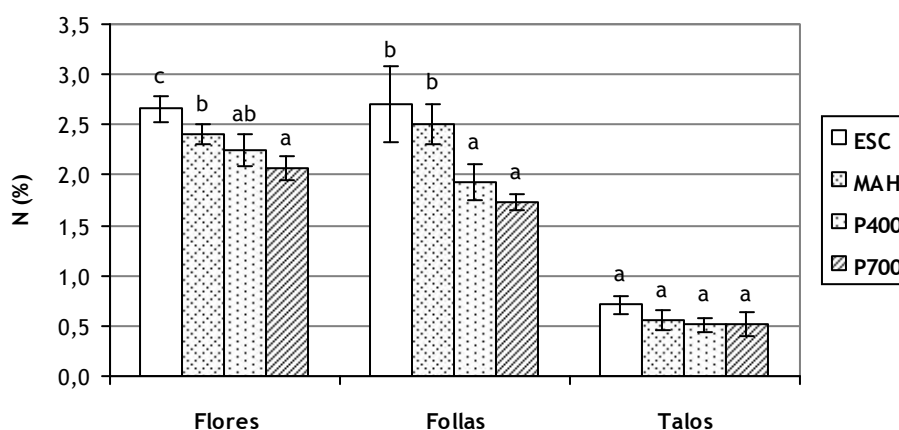


Figura 72. Concentracións de N (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

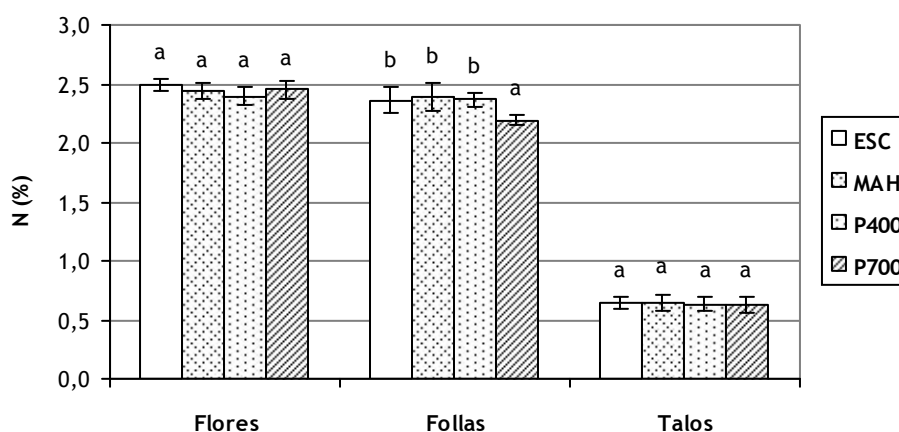


Figura 73. Concentracións de N (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

## 4.2.2.2. Fósforo

No que respecta á porcentaxe de P nas distintas fraccións da parte aérea, non aparecen diferenzas entre tratamentos (Figuras 74 e 75). As flores son as que presentan os maiores contidos de P seguidas polas follas, mostrando valores que aseguran o crecemento óptimo das plantas. No primeiro ano de cultivo as plantas das bancadas con tratamento de escarda son as que presentan a concentración máis alta



de P (0,35 %), atopándose dentro do rango de 0,34 % a 0,37 % obtido por Bonomelli *et al.* (2005), mentres que no segundo ano, tódolos tratamentos presentan unha concentración menor, aproximada ao 0,30%, sin que isto supuxera ningún problema no desenvolvemento da planta, pois é neste ano cando se acadan as maiores alturas e o maior número de flores e talos en tódolos tratamentos de flora arvense avaliados.

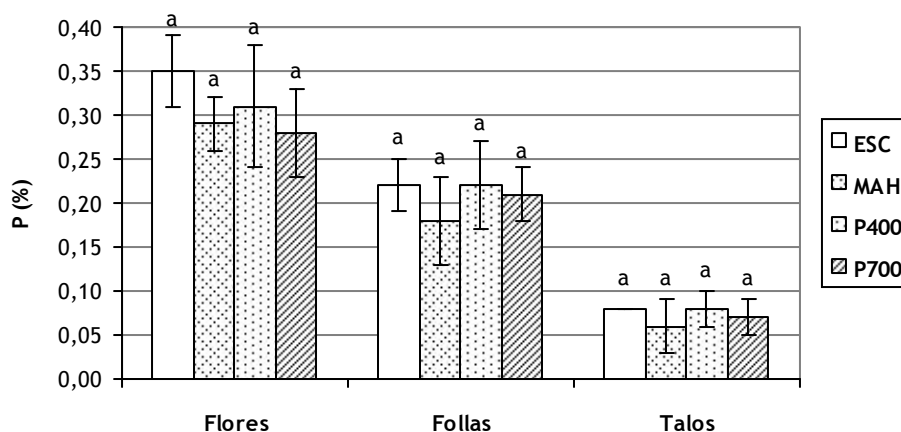


Figura 74. Concentracións de P (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

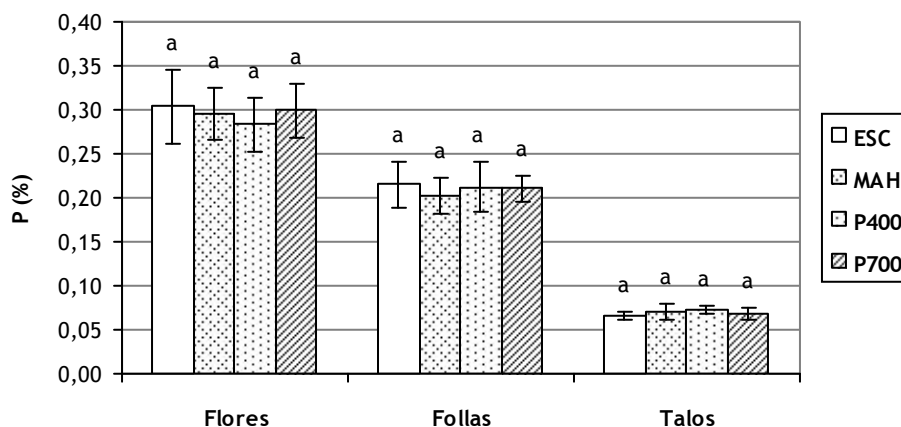


Figura 75. Concentracións de P (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.2.3. Potasio

As porcentaxes máis altas de K acadáronse nas flores e en menor medida nas follas. No primeiro ano de cultivo os tratamentos de escarda e malla antiherba foron os que presentaron as porcentaxes de K máis altas, aparecendo soamente diferenzas significativas a nivel de talos (Figura 76), mentres que no segundo ano de cultivo ningunha das partes de *E. purpurea* presentou diferenzas significativas (Figura 77). En ámbolos dous anos os contidos atopados son similares aos rangos de valores obtidos por Bonomelli *et al.* (2005), de 3,18 a 3,49 % en flores e de 1,52 a 2,45 % en talos.

De forma similar ao N, os niveis de P e K nos talos florais, moi fibrosos, foron moi baixos. Cando observamos a literatura corrobóranse os nosos resultados, atopando tamén niveis máis baixos de P e K en talos de *E. purpurea* que nas follas e flores (Bonomelli *et al.*, 2005).

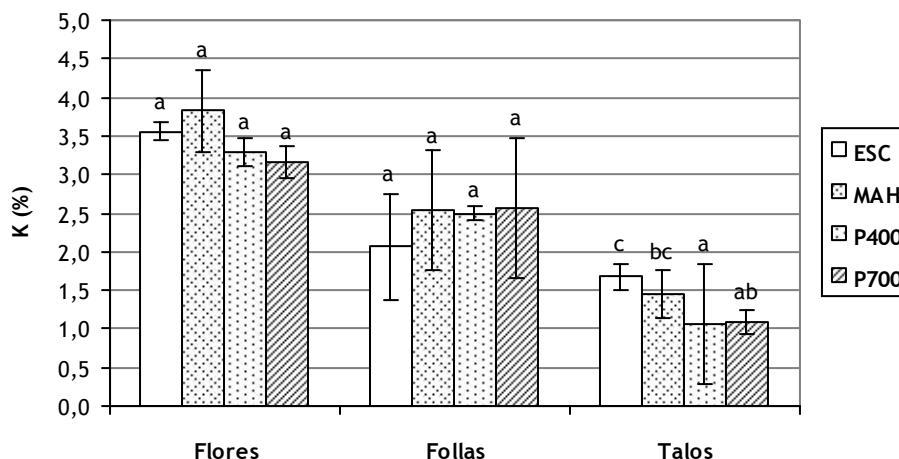


Figura 76. Concentracións de K (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

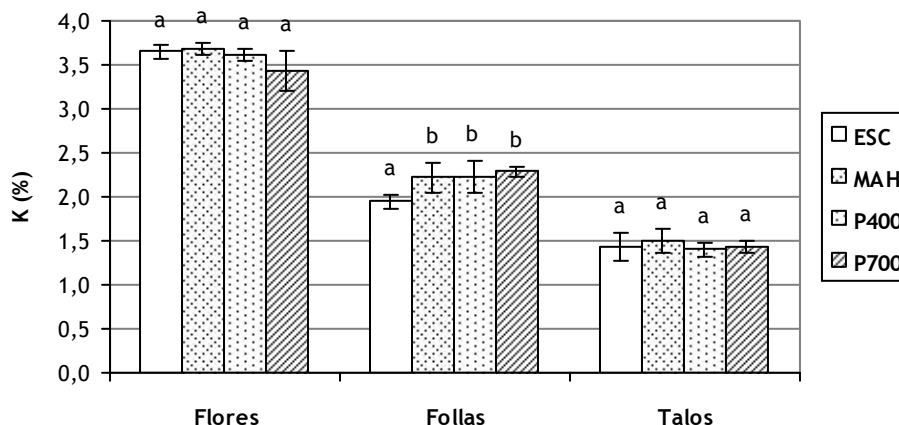


Figura 77. Concentracións de K (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.3. Macronutrientes secundarios

As porcentaxes de Na, Ca e Mg nas diferentes partes da planta preséntanse da Figura 78 á 83.

##### 4.2.3.1. Sodio

Como se amosa na Figura 78, o contido de Na nas distintas partes da planta analizadas non mostran diferenzas significativas entre tratamentos durante o primeiro ano de cultivo, cun valor medio do conxunto de tratamentos de 0,53%. Durante o segundo ano (Figura 79), esta tendencia mantense en flores e talos, mentres que as follas da escarda manual e da malla antiherba mostran niveis significativamente máis altos que o polietileno de 700 galgas. Neste segundo ano o valor medio do conxunto de tratamentos foi de 0,63%.

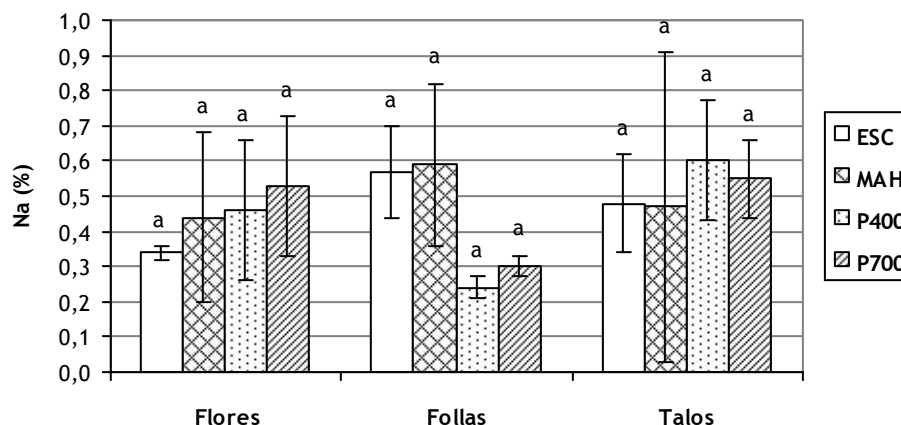


Figura 78. Concentracións de Na (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

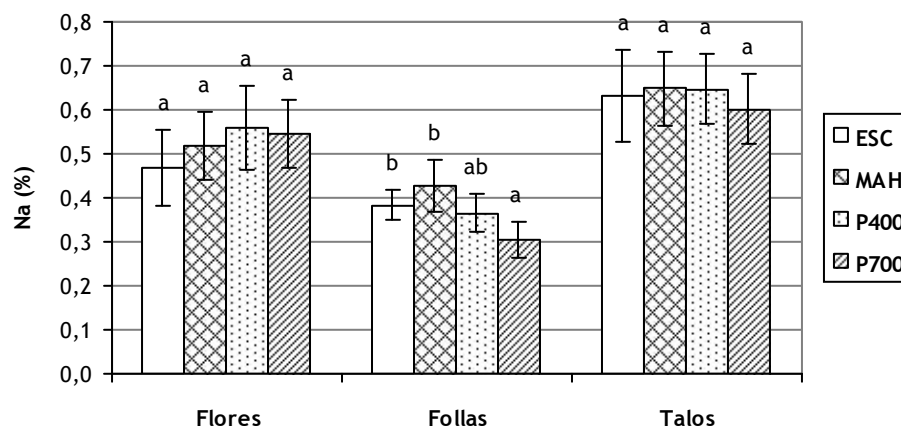


Figura 79. Concentracións de Na (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.3.2. Calcio

No que atinxe ao Ca, as flores presentan uns valores medios de 0,32 % e só no primeiro ano aparecen diferenzas significativas entre o 0,35 % de Ca atopado nas plantas que creceron nas bancadas cubertas con malla plástica antiherba e o resto de tratamentos, cuxos contidos van do 0,28 % ao 0,31 % (Figura 80). As follas acadan unha concentración que vai do 0,66 % en contido medio do primeiro ano de cultivo ao 0,74 % do segundo, rexistrando neste segundo ano os contidos máis elevados, 0,81 % e 0,78 %, nas bancadas con tratamento de escarda e de malla antiherba, respectivamente (Figura 81). Nos talos, do mesmo xeito que nas flores, apenas hai diferenzas entre as concentracións de Ca nos dous primeiros anos de cultivo, con valores de aproximadamente o 0,40 %.

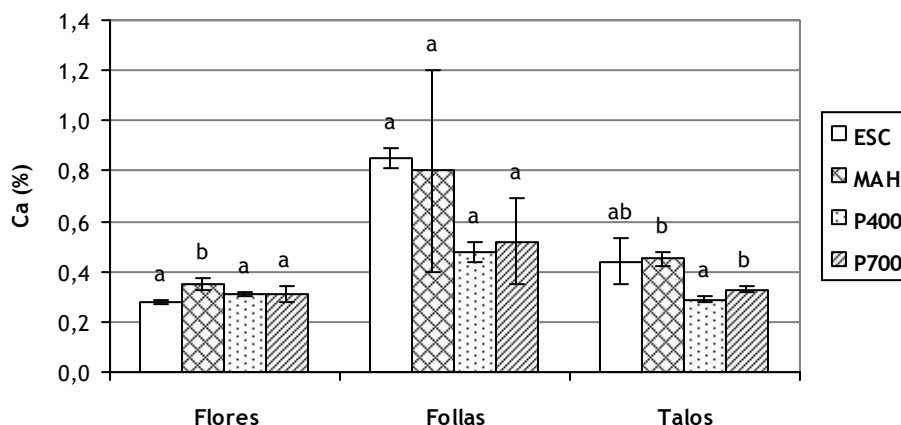


Figura 80. Concentracións de Ca (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

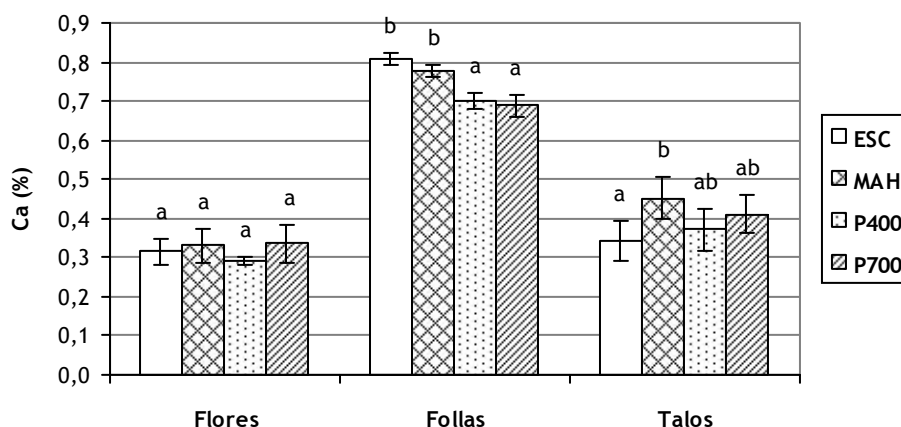


Figura 81. Concentracións de Ca (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.3.3. Magnesio

A porcentaxe de Mg só presenta diferenzas significativas entre tratamentos nas flores do primeiro ano de cultivo, acadando un valor máximo de 0,15 % de Mg nas plantas das parcelas con tratamento de malla e escarda (Figura 82). En relación ás follas e aos talos, os contidos medios de Mg apenas variaron dun ano a outro, con 0,49-0,45 % (1º-2º ano) en follas e 0,16-0,18 % (1º-2º ano) en talos. Sen atoparon diferenzas significativas entre tratamentos en ningunha das partes aéreas dos dous anos avaliados (Figura 82 e 83).

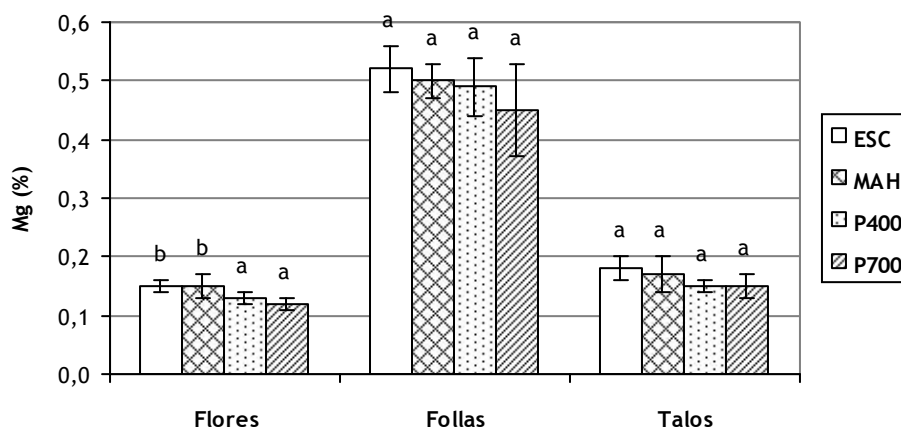


Figura 82. Concentracións de Mg (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

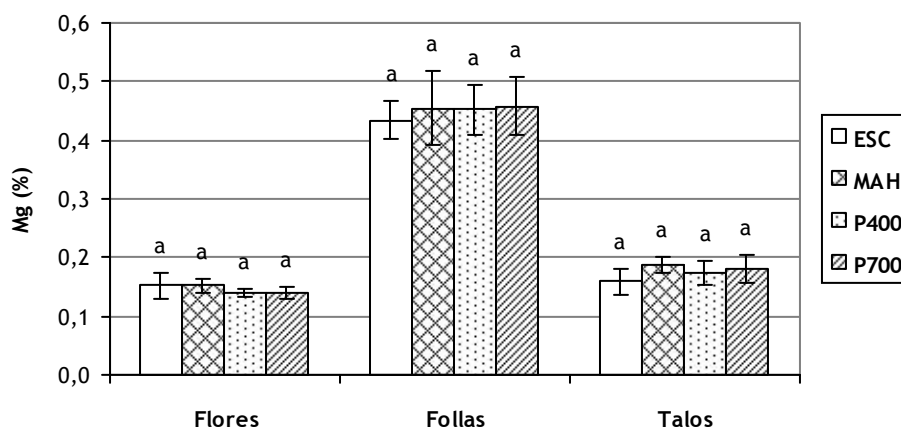


Figura 83. Concentracións de Mg (%) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.4. Microelementos

Os microelementos analizados neste estudo son: Cu, Fe, Mn, Mo e Zn.

##### 4.2.4.1. Cobre

O cobre é requirido polas plantas en moi pequena cantidade e o seu contido medio oscila xeralmente entre 2 e 30 mg/kg en peso seco (Navarro e Navarro, 2003). Os contidos de cobre varían moito dunhas plantas medicinais a outras, así o demostran os datos recollidos por Sheded *et al.* (2005), con valores que oscilan de  $6,3 \pm 2,4$  a  $32,7 \pm 6,4$  mg/kg en sete plantas medicinais en Exipto e os valores de 17,6 a 57,3 mg/kg en 50 materiais botánicos de importancia medicinal na India (Reddy e Reddy, 1997).

Nas análises dos dous primeiros anos de cultivo, o cobre aparece en flores e follas en concentracións medias de 24 e 22-23 mg/kg respectivamente e de 18 mg/kg en talos. Os valores, que oscilan entre 21,33 mg/kg das mostras de follas nas bancadas cubertas con polietileno negro de 700 galgas no primeiro ano de cultivo ata os 23,50 das cubertas de malla plástica antiherba e dos acolchados de polietileno de 400 galgas (Figuras 84 e 85), aproxímanse aos 21 mg/kg obtidos en follas por Bonomelli *et al.* (2005). No traballo levado a cabo en Serbia por Razic *et al.* (2003), os valores atopados nas diferentes partes da *E. purpurea*, que varían de 14,7-15,9 mg/kg, 8,9-11,8 mg/kg e 4,4-9,4 mg/kg, en flores, follas e talos de *E. purpurea*, respectivamente e aínda que estes valores son mais baixos cos atopados por Bonomelli e por

nós, o conxunto dos resultados mostran que o contido de Cu depende do tecido da planta en cuestión, sendo maior en flores e máis baixo en talos (Figuras 84 e 85).

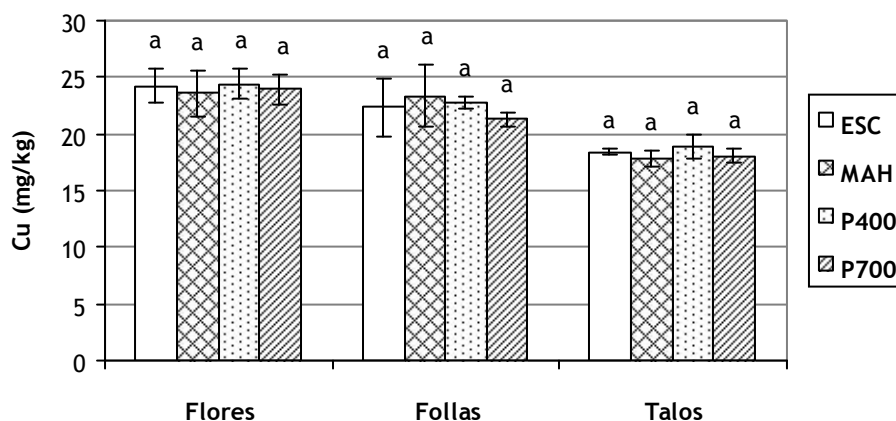


Figura 84. Concentracións de Cu (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

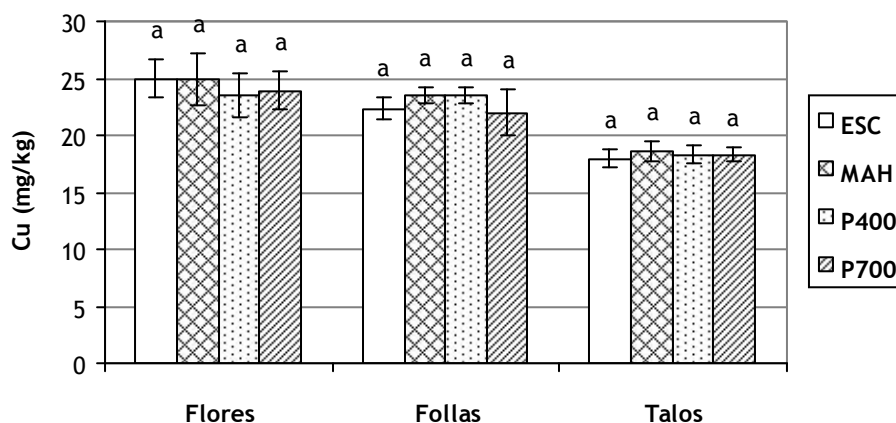


Figura 85. Concentracións de Cu (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.4.2. Ferro

Os contidos das plantas en Fe son moi variables. En xeral admítase que contidos inferiores a 50 mg/kg, en relación á materia seca, correspóndense a estados de deficiencia e o rango de contidos normais segundo Loué (1988) é moi amplo, e vai dos 50 aos 250 mg/kg. Os datos recollidos por Sheded *et al.*, (2005) mostran variacións de  $261 \pm 94$  mg/kg a  $1239,0 \pm 94,4$  mg/kg en diferentes plantas medicinais, sen que ningunha delas presente síntomas de toxicidade, por que tal e como indica Loué os contidos de ferro asociados a toxicidades son descoñecidos.

Igual que no caso do cobre, os datos obtidos por Razic *et al.* (2003), son máis baixos: 62,4-184 mg/kg en flores, 189-292 mg/kg en follas e 32,2-101 mg/kg en talos que os contidos atopados nas nosas mostras: 403,42-499,42 mg/kg en flores, 517,7-767,38 mg/kg en follas e 414,17-460,33 mg/kg en talos, no primeiro ano de cultivo (Figura 86) e 412,92-468,08 mg/kg en flores, 621,83-679,08 mg/kg en follas e 440,00-471,75 mg/kg en talos, no segundo ano de cultivo (Figura 87). Aínda que se mantén a tendencia de maiores niveis en follas recollida por Razic *et al.* (2003), os niveis de flores e talos, acadados nesta



tese, son parellos. Neste caso tamén podemos concluír que existen diferenzas, neste caso importantes, no interior das plantas de *E. purpurea*.

Os valores medios obtidos por Bonomelli *et al.* (2005) son altos, cunha concentración de 1388 mg/kg nas follas das plantas de *E. purpurea* desenvolvidas en campo.

Nas Figuras 86 e 87, pódese apreciar que non aparecen diferenzas significativas nas concentracións de ferro nos talos da *E. purpurea*, pero si, nas flores do primeiro ano e nas follas de primeiro e segundo ano, con maiores contidos nas plantas procedentes das bancadas onde se realizaron escardas manuais.

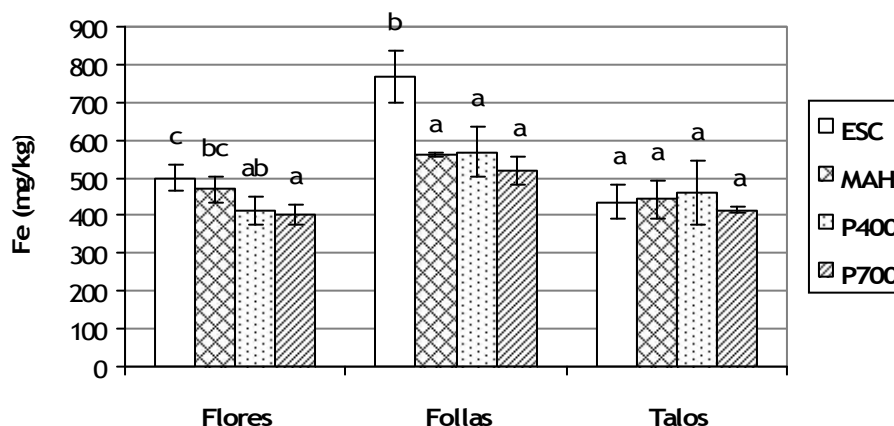


Figura 86. Concentracións de Fe (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

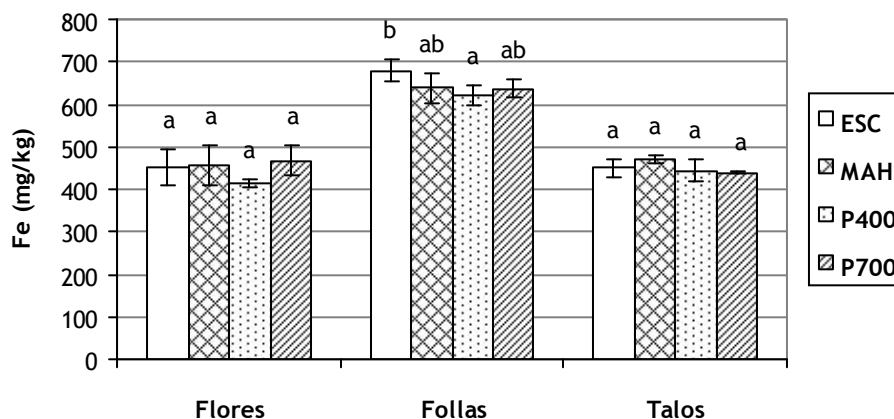


Figura 87. Concentracións de Fe (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.4.3. Manganeso

O manganeso, aínda que como micronutriente atópase en porcións pequenas nos tecidos biolóxicos, xoga un importante papel na activación de determinadas enzimas, na síntese de clorofila, na fotosíntese, na redución dos nitratos e na síntese das proteínas (Loué, 1988).

O contido medio de manganeso dado por Davies *et al.* (1988) e da orde de 50 mg/kg de materia seca, e o contido en follas, de plantas ben nutridas, varía entre 100 e 200 mg/kg de materia seca (Urbano, 2002). No estudo levado a cabo por Reddy e Reddy (1997) os valores de manganeso variaron de 10,5 a 81,6 mg/kg, mentres que no estudo de Sheded *et al.* (2005) o rango foi moito maior xa que se atoparon valores de  $44,6 \pm 5,1$  mg/kg a  $339,0 \pm 75,7$  mg/kg.

Do mesmo xeito que cobre e ferro, as concentracións de Manganeso atopadas por Razic *et al.* (2003) están por debaixo das obtidas neste ensaio. Con valores que van dende os 50,6-67,6 mg/kg en follas, 14,8-29,9 mg/kg en flores aos 8,8-18,9 mg/kg en talos. O valor recollido por Bonomelli *et al.* (2005) en follas, é un valor medio de 81 mg/kg, moi por debaixo dos 339,42-364,33 mg/kg e dos 334,92-361,25 mg/kg obtidos no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, en follas deste ensaio (Figuras 88 e 89).

Como podemos observar nas Figuras 88 e 89, as concentracións de Mn máis elevadas as atopamos nas follas, seguidas das flores e dos talos, aparecendo diferenzas significativas en flores e talos do primeiro ano de cultivo, con contidos maiores nas bancadas cubertas con malla antiherba en flores, e en malla e os dous polietilenos en talos.

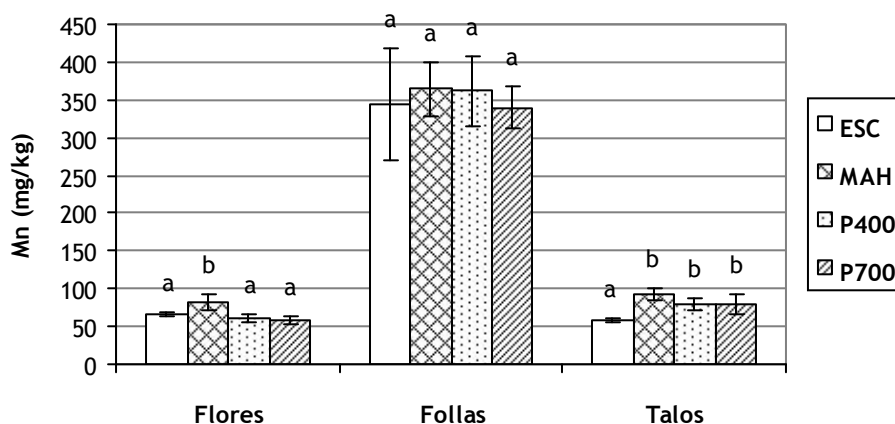


Figura 88. Concentracións de Mn (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

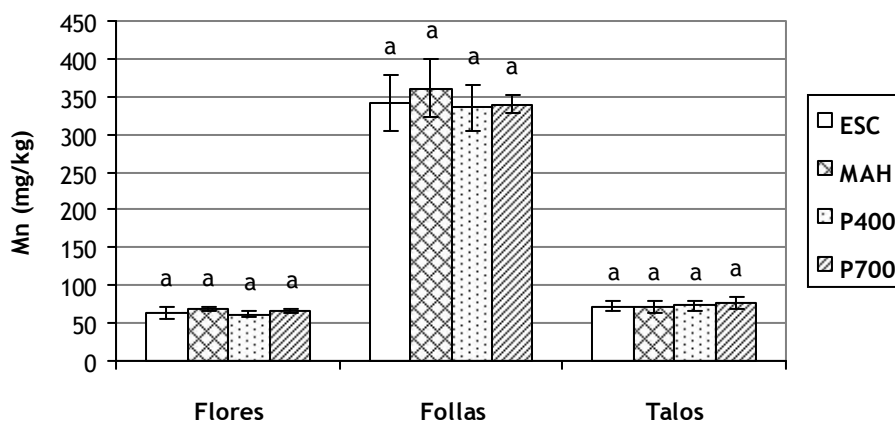


Figura 89. Concentracións de Mn (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.4.4. Molibdeno

Na planta, o molibdeno forma parte das enzimas necesarias na asimilación do nitróxeno (nitrato reductasa e nitroxenasa, Loué, 1988). O contido medio das follas das plantas cultivadas varía normalmente entre 1 e 10 mg/kg de materia seca (Urbano, 2002), as concentracións obtidas nas diferentes partes de *E. purpurea*, son moi superiores aos valores en follas anteriormente citados, con concentracións de 77,50 a 100,83 mg/kg en flores, 95,00 a 123,33 mg/kg en follas e de 28,33 a 122,50 mg/kg en talos do primeiro ano de cultivo (Figura 88) e de 80,50 a 84,25 mg/kg en flores, 117,50 a 123,00 mg/kg en follas e

de 56,33 a 82,00 mg/kg en talos do segundo ano de cultivo (Figura 91). Atopando diferenzas significativas só en talos entre a escarda, e a malla e o polietileno de 400 galgas no primeiro ano de cultivo (Figura 88), diferenciación que no segundo ano de cultivo só se mostra entre escarda e polietileno de 400 galgas (Figura 91).

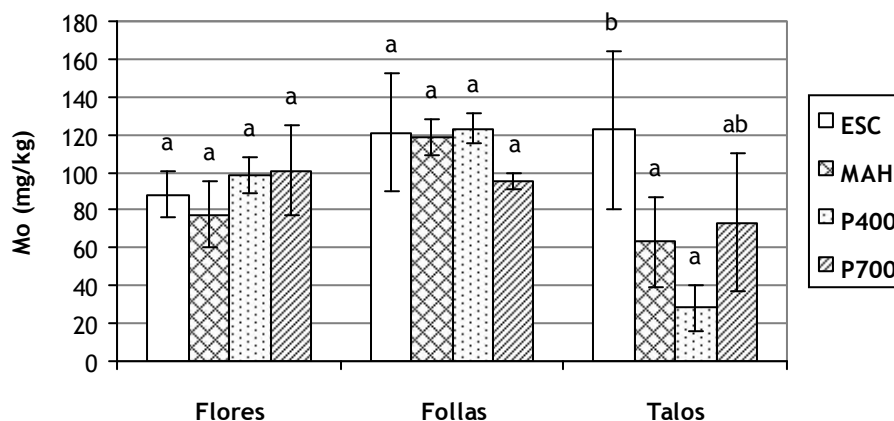


Figura 90. Concentracións de Mo (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

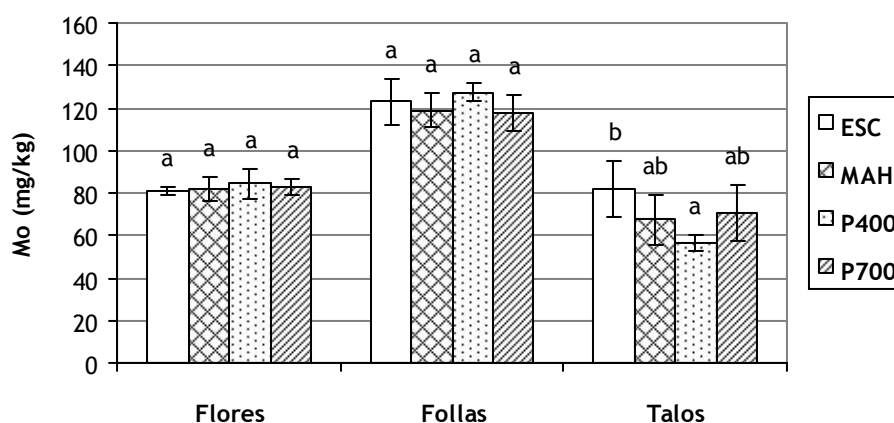


Figura 91. Concentracións de Mo (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.4.5. Cinc

O cinc presenta un certo número de funcións nas plantas como activador de numerosos enzimas, así como, na síntese e conservación das auxinas (Loué, 1988). En tódolos casos, o contido de cinc que se obtén nas análises foliares é moi pequeno, superando en raras ocasións os 100 mg/kg de materia seca, e os síntomas de deficiencias solen presentarse en follas con menos de 16-20 mg/kg de materia seca (Urbano, 2002). Os datos obtidos neste estudo varían de 15,61 a 19,83 mg/kg en flores, de 12,22 a 22,39 mg/kg en follas e de 3,80 a 5,65 mg/kg en talos no primeiro ano de cultivo (Figura 92) e de 18,67 a 22,34 mg/kg en flores, de 19,11 a 21,90 mg/kg en follas e de 3,57 a 4,26 mg/kg en talos no segundo ano de cultivo (Figura 93). Os datos de cinc, en *E. purpurea*, recollidos da literatura son similares aos datos presentados neste traballo: Bonomelli *et al.* (2005) obtivo concentracións en follas de 23 mg/kg e Razic *et al.* (2003) de 14,8-18,6 mg/kg en flores, de 11,7-12,7 mg/kg en follas e 3,9-6,4 en talos.

No caso particular co cinc debemos ter en conta que a absorción de cobre e de ferro, segundo Loué (1988), inhibe a absorción deste mineral. Do mesmo xeito, Kandala *et al.* (1974) sinalan tamén que altas absorcións de manganeso inhiiben a absorción de cinc, o que pode explicar as baixas concentracións de cinc nas nosas mostras en función dos niveis obtidos en cobre, ferro e manganeso.

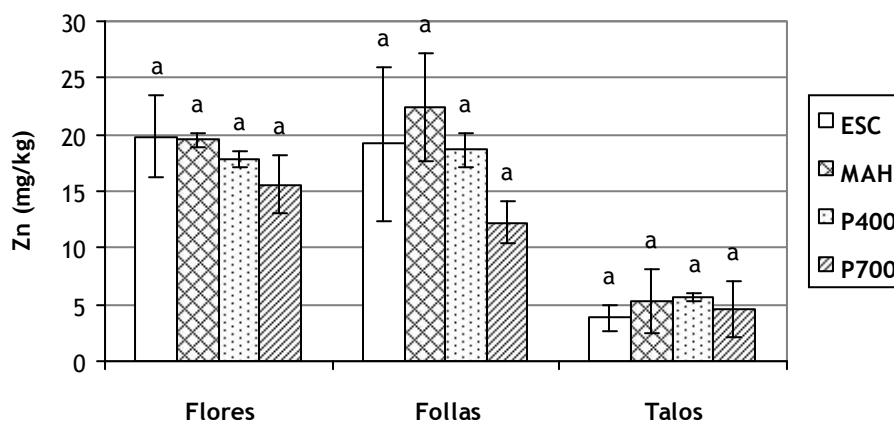


Figura 92. Concentracións de Zn (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

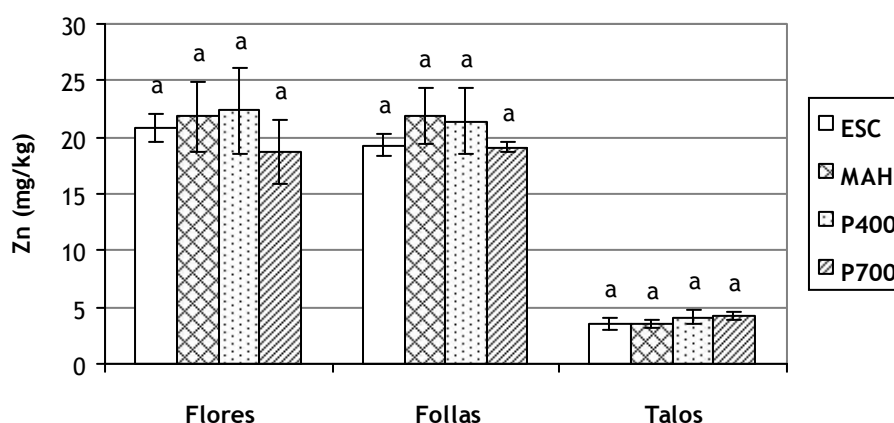


Figura 93. Concentracións de Zn (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

A absorción de cobre e de ferro, segundo Loué (1988), inhibe a absorción de cinc, do mesmo xeito, Kandala *et al.* (1974) sinalan tamén que altas absorcións de manganeso inhiiben a absorción de cinc, o que pode explicar as baixas concentracións de cinc nas nosas mostras en función dos niveis obtidos en cobre, ferro e manganeso.

#### 4.2.5. Metais pesados

Segundo as instrucións técnico-sanitarias reguladas polo Real Decreto 3176/1983 do 16 de novembro, para a elaboración, circulación e comercio das especies vexetais para infusións de uso alimentario, analizáronse os contidos de arsénico e chumbo, en cada unha das diferentes partes aéreas das plantas. A maiores de realizar as analíticas de metais pesados de obrigado cumprimento, analizáronse outros metais como cadmio, cromo, cobre, cinc e níquel.

## 4.2.5.1. Arsénico

Kabata-Pendias e Pendias (1986) recolleron de diversas fontes de investigación as concentracións de arsénico en plantas procedentes de solos non contaminados. O rango de datos recollidos varía de 0,009 a 1,5 mg/kg, sendo nas follas vellas e nas raíces onde se rexistraron os contidos máis elevados. Tal e como era esperado as concentracións de arsénico máis altas déronse en follas seguidas das flores e dos talos, cuns valores de 0,11 a 0,16 mg/kg en flores, 0,41 a 0,78 mg/kg en follas e 0,08 a 0,09 mg/kg en talos do primeiro ano de cultivo (Figura 94) e de 0,11 mg/kg en flores, 0,37 a 0,44 mg/kg en follas e 0,07 a 0,09 mg/kg en talos do segundo ano de cultivo (Figura 95).

A concentración de arsénico nas partes aéreas de *E. purpurea* atópase moi arredada dos 3 mg/kg permitidos, como máximo, pola lexislación. Aparecendo diferenzas significativas só en follas entre as plantas das parcelas nas que se realizaron escardas manuais con respecto ao resto de tratamentos no primeiro ano de cultivo de *E. purpurea* (Figura 94).

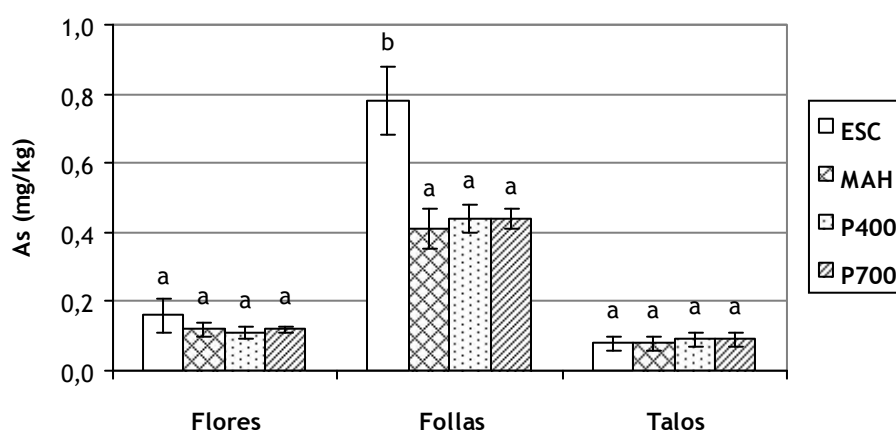


Figura 94. Concentracións de As (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

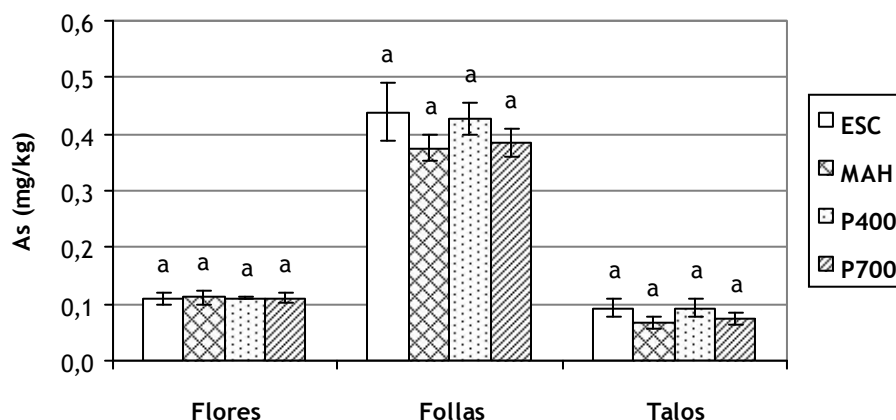


Figura 95. Concentracións de As (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

## 4.2.5.2. Cadmio

O cadmio é un veneno acumulativo, tanto para os homes como para os animais. Un estudo comparativo dos contidos de cadmio en produtos hortícolas, de tendas de alimentación, atopou os valores máis altos nas follas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) 0,11 mg Cd/kg de materia fresca e en follas de



leituga (*Lactuca sativa* L.) con contidos que alcanzaron os 0,66 mg Cd/kg de materia fresca (Kabata-Pendias e Pendias, 1986).

Os niveis de cadmio obtidos atópanse por debaixo dos valores recomendados pola Organización Mundial da Saúde (0,3 mg/kg) variando os contidos medios, de tódolos tratamentos, de 0,07-0,09 mg/kg acadados nas flores no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, aos 0,16-0,14 mg/kg acadados en follas e talos no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente. Só aparecendo diferenzas significativas en flores e follas do segundo ano: entre a malla antiherba e a escarda en flores e entre a malla antiherba e o resto de tratamentos en follas (Figuras 96 e 97).

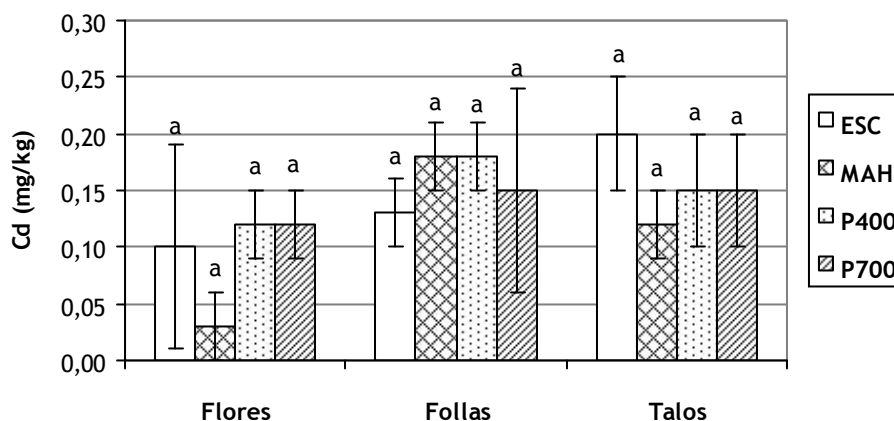


Figura 96. Concentracións de Cd (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

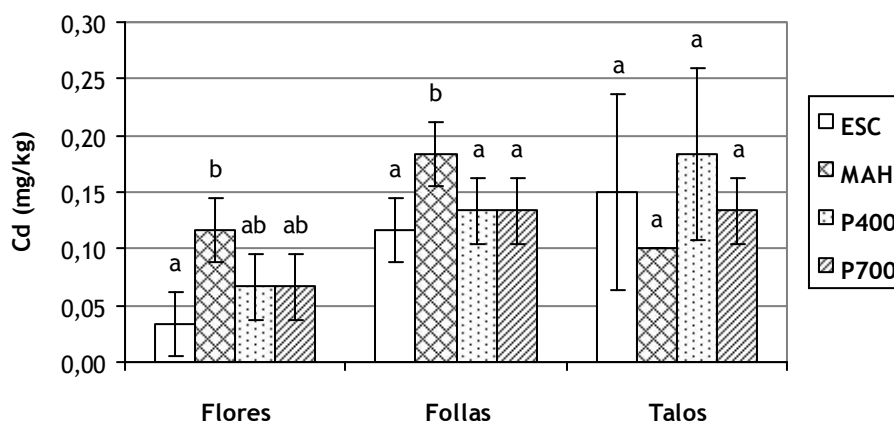


Figura 97. Concentracións de Cd (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.5.3. Cromo

Non existen evidencias de que o cromo sexa esencial no metabolismo das plantas, pero tampouco hai moitos traballos referidos ao cromo nas plantas. Os niveis atopados en material vexetal varían normalmente del orden de 0,02 a 0,2 mg/kg (Kabata-Pendias e Pendias, 1986).

Os niveis de cromo obtidos nesta tese nas diferentes partes aéreas de *E. purpurea* están por debaixo dos Límites de Detección do Aparato de absorción atómica.



## 4.2.5.4. Cobre

Aínda que o cobre é considerado un micronutriente nas plantas, a Asociación Europea de Especies (1997), pon en 50 mg/kg o nivel máximo deste elemento nos materiais vexetais. Neste traballo, en ningún caso supérase este valor, xa que as concentracións son de 23,58-24,42 mg/kg en flores, 21,33-23,33 mg/kg en follas e 17,83-18,92 mg/kg en talos no primeiro ano de cultivo (Figura 98) e de 23,50-25,00 mg/kg en flores, 22,00-23,50 mg/kg en follas e 17,92-18,67 mg/kg en talos no segundo ano de cultivo (Figura 99). Non existindo diferenzas significativas entre tratamentos nos dous anos avaliados.

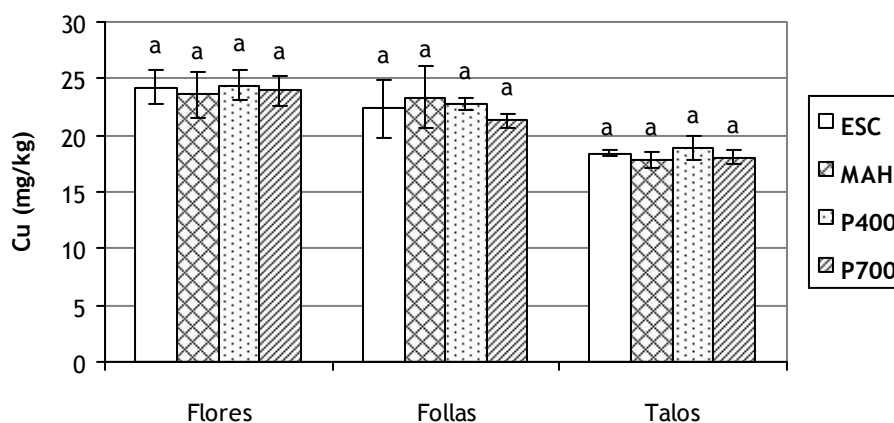


Figura 98. Concentracións de Cu (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

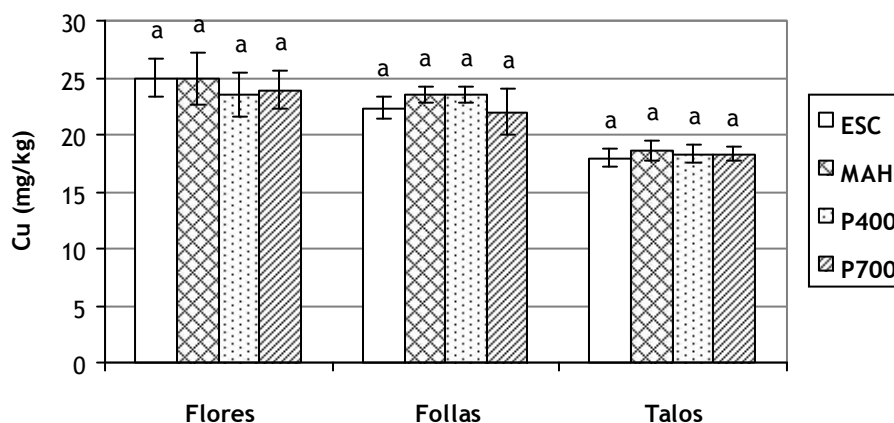


Figura 99. Concentracións de Cu (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

## 4.2.5.5. Níquel

A concentración media (no tecido vexetal seco) considerada adecuada, no caso do níquel, para Díaz de la Guardia (2004) é de 0,1 mg/kg, mentres que para Epstein (2005) é de 0,05 mg/kg, datos que se atopan moi por debaixo dos 7,47-8,93 mg/kg atopados en flores, 3,65-5,88 mg/kg en follas, <LDA (Límite de Detección do Aparato)-2,42 mg/kg en talos do primeiro ano de cultivo (Figura 100) e dos 7,52-8,48 mg/kg atopados en flores, 3,75-3,92 mg/kg en follas, 2,27-2,60 mg/kg en talos do segundo ano de cultivo (Figura 101).

Tamén as concentracións indicadas por Díaz de la Guardia (2004) e Epstein (2005) atópanse moi alonxadas das obtidas por Razic *et al.* (2003) con valores que van dos 9,30 mg/kg en flores, 5,10-7,70

mg/kg en follas e 3,70-3,90 en talos. Aparecendo diferenzas significativas nos talos, do segundo ano de cultivo, entre as plantas das bancadas cubertas con polietileno negro de 700 galgas e o resto de tratamentos. Presentando valores de níquel por debaixo do LDA en escarda, malla e no polietileno de 400 galgas no primeiro ano de cultivo (Figura 100).

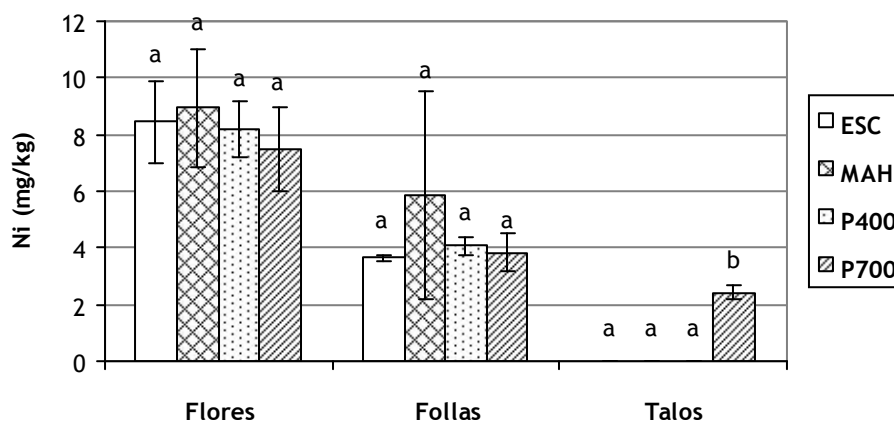


Figura 100. Concentracións de Ni (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

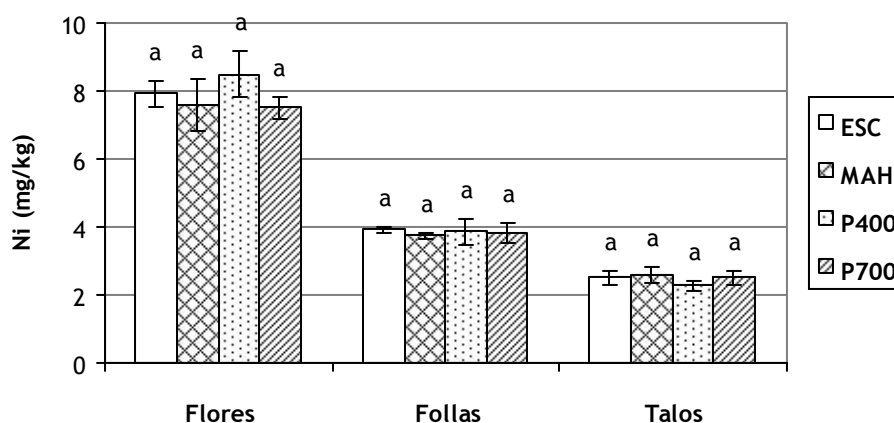


Figura 101. Concentracións de Ni (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.5.6. Chumbo

10 mg/kg é o valor máximo permitido pola lexislación. Tódolos niveis atopados nas diferentes mostras das partes aéreas de *E. purpurea* están moi por debaixo dese valor, concentracións de 0,83-1,50 mg/kg en flores, 1,00-2,50 mg/kg en follas, e 0,83-1,17 mg/kg en talos do primeiro ano de cultivo (Figura 102) e de 0,67-1,33 mg/kg en flores, 1,50-1,67 mg/kg en follas, e 0,33-0,83 mg/kg en talos do segundo ano de cultivo (Figura 103). Aparecendo diferenzas significativas no caso das follas do primeiro ano de cultivo, nas plantas das bancadas cubertas con polietilenos de 400 galgas con respecto as plantas desenvolvidas baixo escarda manual e das cubertas con polietileno de 700 galgas.

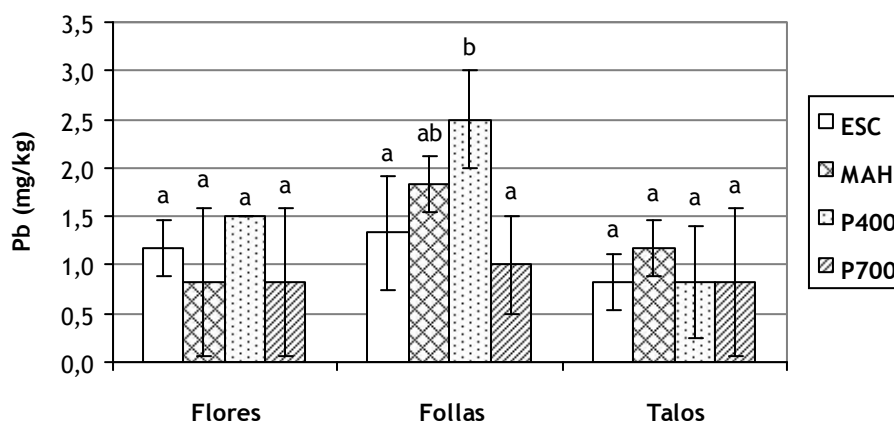


Figura 102. Concentracións de Pb (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

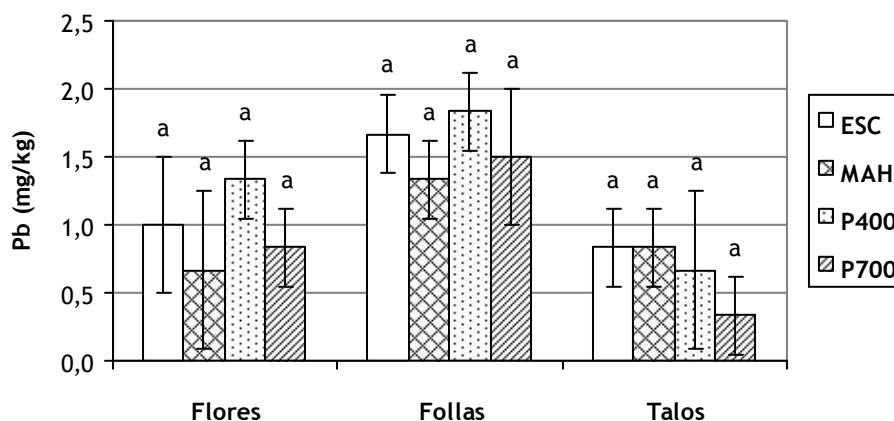


Figura 103. Concentracións de Pb (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

#### 4.2.5.7. Cinc

O cinc, igual que no caso do cobre aínda que está considerado como un micronutriente, a Asociación Europea de Especies (1997) establece que as análises de material vexetal alcancen un valor máximo de 50 mg/kg, e os valores obtidos neste ensaio atópanse moi por debaixo deste valor, con rangos que van de 15,61-19,83 mg/kg en flores, 12,22-22,39 mg/kg en follas e de 3,80-5,65 mg/kg en talos do primeiro ano de cultivo (Figura 104) e de 18,67-22,34 mg/kg en flores, 19,11-21,90 mg/kg en follas e de 3,57-4,26 mg/kg en talos do segundo ano de cultivo (Figura 105). Non aparecendo diferenzas significativas entre tratamentos (Figuras 104e 105).

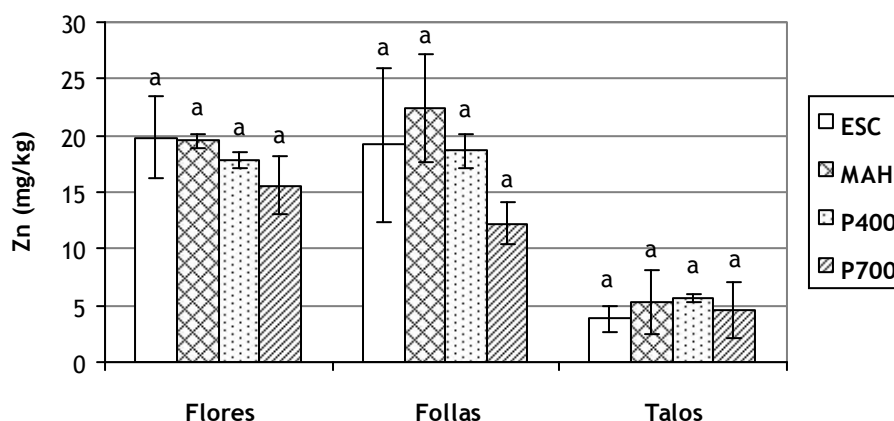


Figura 104. Concentracións de Zn (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

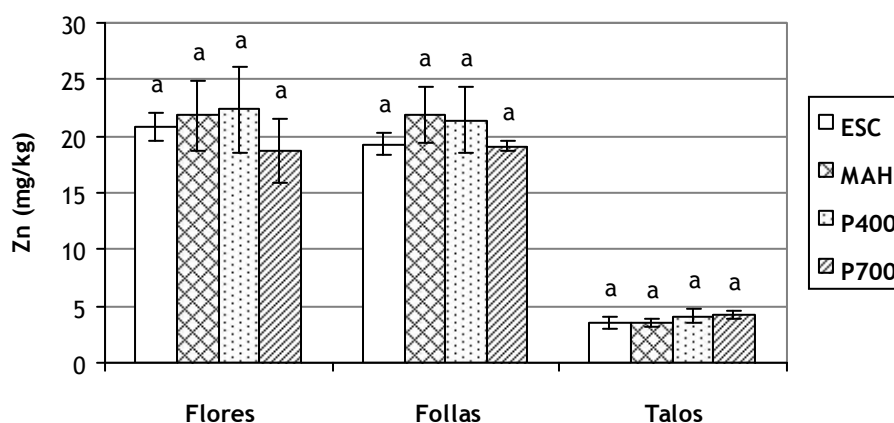


Figura 105. Concentracións de Zn (mg/kg) en flores, follas e talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Como conclusión final do apartado de composición mineral, sinalar que os bos niveis de macronutrientes atopados nas diferentes partes aéreas de *E. purpurea* (flores, follas e talos), nos dous anos de cultivo avaliados (2005 e 2006), xunto coas boas producións da parte aérea, parecen indicar, tal e como sinalamos no apartado de características do solo e requerimentos nutricionais (introdución), que esta especie non require de altas doses de fertilización para lograr elevados rendementos.

Por outro lado, tódalas mostras atópanse moi por debaixo dos valores permitidos pola lexislación para arsénico e chumbo, así como para o resto de metais pesados analizados.

### 4.3. PRINCIPIOS ACTIVOS

Numerosos estudos científicos identificaron diferentes constituíntes químicos como responsables da actividade terapéutica de *Echinacea purpurea* L. (Bauer e Wagner, 1991). Entre os principais compoñentes bioactivos atopamos as alquilamidas (compostos nitroxenados), principalmente isobutilamidas de cadea lineal de ácidos grasos con enlaces olefínicos e/ou acetilénicos (isobutilamida isómera do ácido dodeca-2, 4, 8, 10-tetraenoico-Mestura de E, E, Z, Z e E, E, Z, E isómeros). Outros compostos característicos son os derivados do ácido caféico: ácidos achicórico, caftárico e cloroxénico (Bauer e Wagner, 1991 e Bauer, 1999a). Ambos constituíntes químicos contribúen de maneira decisiva ao

reforzamento do sistema inmune e á actividade antioxidante asociada á equinácea (Zheng *et al.*, 1993; Wang *et al.*, 1996; Hu e Kitts, 2000).

Os contidos de alquilamidas e dos derivados do ácido caféico varían ao longo do tempo según o estado fenolóxico da planta e das distintas partes da mesma. Así, os niveis de alquilamidas son menores nas flores que nas raíces (Perry *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 2000a e 2000b; Stuart e Wills, 2000a) e os derivados do ácido caféico aparecen fundamentalmente en flores e raíces (Bauer e Wagner, 1991 e Bauer, 1999a).

Tamén está demostrado que a concentración de principios activos vese afectada por factores xeográficos, climáticos e edáficos, así como, polas condicións do cultivo e a forma de preparación das mostras para a posterior análise. A propia variabilidade xenética das plantas obtidas por semente implica unha variabilidade na concentración de principios activos (Qu, 2005b). Cambios na produción de metabolitos secundarios, así como o perfil metabolómico poden estar influídos tamén por interaccións bióticas, sendo moi escaso o coñecemento existente entre as complexas interaccións entre as plantas e os factores ecolóxicos en onde prosperan (Seeman *et al.* 2010). A interacción de todos os factores ambientais (bióticos e abióticos) inciden na produción de metabolitos secundarios e estas variacións, nas plantas utilizadas en preparados medicinais, teñen un impacto adicional sobre a súa calidade e eficiencia.

A continuación móstranse e discútese os valores de alquilamidas e de derivados do ácido caféico (achicórico, caftárico e cloroxénico), presentes na parte aérea das plantas de *E. purpurea* ao longo dos tres anos en que permaneceron as plantas en campo, así como das concentracións dos anteriores principios activos nas raíces recollidas no segundo e terceiro ano de cultivo de *E. purpurea*.

Cumpre lembrar que debido a unha colleita anticipada, no terceiro ano de cultivo, do conxunto da parte aérea só se puideron analizar as follas e os talos, xa que a maioría das plantas recollidas atopábanse no estado de elongamento do talo floral e a colleita de flores non acadaba un mínimo de mostras para realizar as respectivas análises, así como para levar a cabo o tratamento estatístico dos datos.

#### 4.3.1. Alquilamidas

Antes de presentar os resultados en alquilamidas é necesario puntualizar que neste apartado, cando se fala de alquilamidas faise referencia ás principais alquilamidas presentes en *E. purpurea*: ácido isobutilamil dodeca-2E,4E,8Z,10E-tetraenoico (alquilamida 8) e o ácido isobutilamil dodeca-2E,4E,8Z,10Z-tetraenoico (alquilamida 9). Cando se alude ao total de alquilamidas, isto especificarase no texto.

##### 4.3.1.1. Parte aérea

Xunto coas raíces, as flores de *E. purpurea*, son os órganos das plantas onde se acumulan as maiores concentracións de alquilamidas (Bauer, 1998), concretamente nas flores tubulares e nos froitos secos (He *et al.*, 1998). Si ben é certo que Bauer e Vom no ano 1999 sinalaban que o contido en alquilamidas é baixo ao comezo do período vexetativo e alcanza o seu máximo valor ao final deste período, no momento de plena floración, os resultados acadados en Australia por Wills e Stuart (1999b) contradicen a anterior afirmación, sinalando que durante o crecemento, todos os tecidos de *E. purpurea* en estudo (flores, follas, talos e raíces), mostraban unha diminución da concentración de alquilamidas da etapa da prefloración á senescencia, aínda que este descenso na concentración, parece compensarse, no caso das flores, coa cantidade de flores colleitadas.

No que respecta aos datos obtidos nesta tese, no primeiro e segundo ano de cultivo, o contido de alquilamidas é moito maior nas flores que no resto das partes aéreas (Figuras 106 e 107). No terceiro ano de cultivo, ao non dispoñer de datos de flores, son os talos os que acadan as máximas concentracións de alquilamidas (Figura 108). Existe un precedente de concentracións de alquilamidas máis elevadas en talos que no resto das partes aéreas; Stuart e Wills (2000a) avaliaron o efecto da localización do cultivo de *E. purpurea*, realizando a sementeira en dous sitios con clima diferente (costa e interior de Australia), e do estado de desenvolvemento das plantas (prefloración, floración, maduración e senescencia), rexistrando a concentración de alquilamidas máis alta nos talos dentro do conxunto aéreo, en plantas que se atopaban

en plena floración nas dúas localizacións de estudo (1,2 e 0,7 mg/g nos cultivos de costa e interior respectivamente).

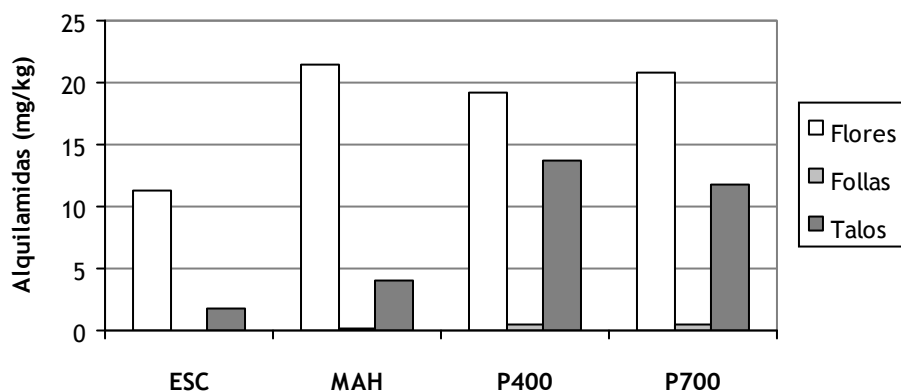


Figura 106. Contido de alquilamidas (mg/kg) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 1º ano de cultivo (2005).

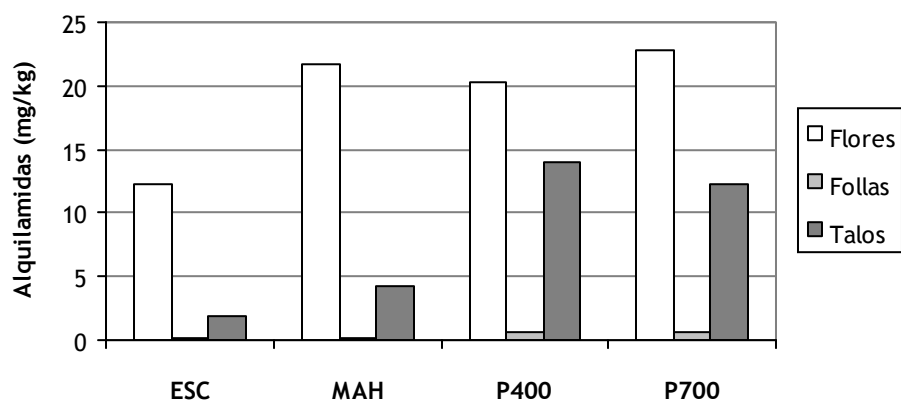


Figura 107. Contido de alquilamidas (mg/kg) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo (2006).

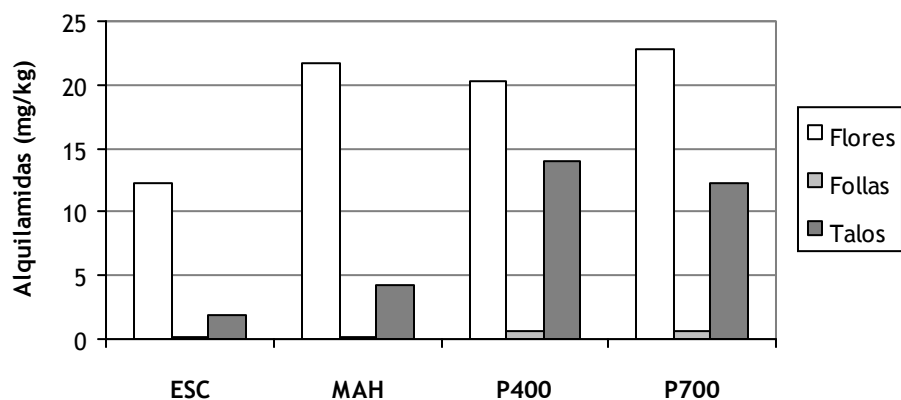


Figura 108. Contido de alquilamidas (mg/kg) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 3º ano de cultivo (2007).



Centrándonos nas flores recollidas na parcela de ensaio, as plantas das bancadas cubertas coa malla plástica antiherba e cos polietilenos negros son as que presentan os maiores contidos de alquilamidas, atopando diferenzas significativas con respecto ás bancadas nas que se realizaron escardas (Figura 109). Os contidos medios de alquilamidas variaron de 11,3 mg/kg na escarda a 21,4 mg/kg na malla no primeiro ano de cultivo (2005) e de 12,2 mg/kg en escarda a 22,8 mg/kg en polietileno de 700 galgas no segundo ano de cultivo (2006). A influencia observada das coberturas parece indicar que este tipo de manexo mellora o contido de alquilamidas en flores de *E. purpurea*.

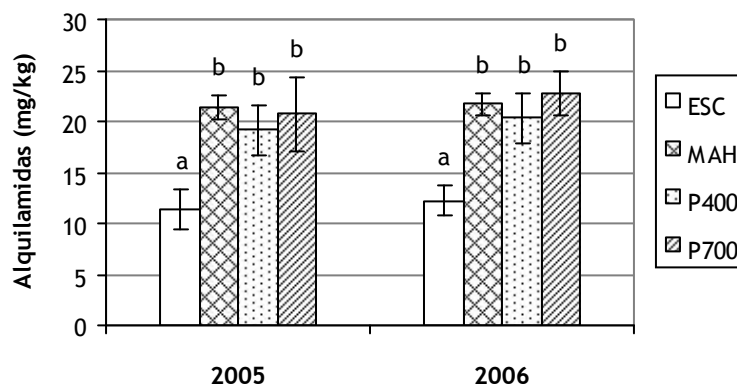


Figura 109. Contido de alquilamidas (mg/kg) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Por outro lado, o valor medio das flores do conxunto de datos de tódolos tratamentos foi de  $18,2 \pm 4,7$  mg/kg e de  $19,3 \pm 4,8$  mg/kg no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, polo que a concentración de alquilamidas en flores non sufriu cambios significativos nos dous primeiros anos de cultivo, tal e como se observa na Figura 110. Aínda que a interacción planta e medio ambiente é moi complicada, xa que son moitos os factores bióticos e abióticos que inflúen nos contidos de metabolitos secundarios nas plantas, este resultado parece sinalar que os cambios nas condicións ambientais non tiveron moita influencia na concentración de alquilamidas nas flores de *E. purpurea*.

Os únicos datos de contidos de alquilamidas en flores para máis dun ano de cultivo son os obtidos nos traballos de Stuart e Wills (2000a) en Australia, Aiello *et al.* (2002a) en Italia e Romero *et al.* (2014) en España. En Australia rexístranse datos dos dous primeiros anos de cultivo (1º e 2º) e en Italia e España dos dous últimos anos de cultivo (2º e 3º). Stuart e Wills (2000a) rexistran importantes incrementos nos contidos de alquilamidas en flores, do primeiro (0,4 a 1,9 mg/g) ao segundo ano (2,4 a 3,5 mg/g), Aiello *et al.* (2002a) obteñen unha diminución importante no contido de alquilamidas en flores da segunda colleita (0,30 mg/g) á terceira colleita (0,65 mg/g), e Romero *et al.* (2014) rexistran concentracións de alquilamidas parellas nas flores recollidas no segundo ( $0,17 \pm 0,03$  mg/g) e terceiro ano de cultivo ( $0,18 \pm 0,04$  mg/g). O conxunto dos resultados obtidos nesta tese e os referidos na literatura non mostran unha tendencia clara dos contidos de alquilamidas en flores, na evolución das plantas co paso dos anos, o que corrobora que son moitos os factores que poden influír na variación das alquilamidas nas flores de *E. purpurea*.

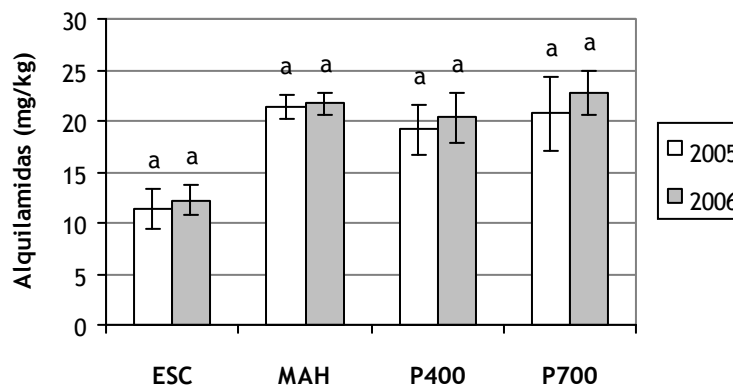


Figura 110. Contido de alquilamidas (mg/kg) en flores de *E. purpurea* para os distintos tratamentos entre o 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

Como xa se sinalou anteriormente, son varios os estudos realizados para determinar o contido en alquilamidas nas plantas de equinácea, pero a maioría dos datos refírense a *E. purpurea* no segundo ou terceiro ano de cultivo:

En Alemaña atopáronse contidos de 0,01 a 0,30 mg/g no conxunto das partes aéreas das plantas de *E. purpurea* (Bauer e Reminger, 1989). En Nova Zelandia os niveis de alquilamidas que se atopan nas diferentes seccións da parte aérea oscilan entre 0,2 ( $\pm 0,1$ ) e 2,7 ( $\pm 2,0$ ) mg/g, sendo o valor maior do rango o correspondente a flores de segundo ano de cultivo (Perry *et al.*, 1997). En Australia Rogers *et al.* (1998) analizaron tamén unha mestura das diferentes partes aéreas de *E. purpurea*, atopando cantidades de 0,24 a 1,09 mg/g. Wills e Stuart (2000a), tamén en Australia, realizaron análíticas das diferentes partes aéreas sen mesturalas, no caso das flores, tendo en conta os dous anos avaliados (1º e 2º ano de cultivo), os contidos obtidos alcanzaron os 0,4 a 3,5 mg/g de alquilamidas. Os mesmos autores (Stuart e Wills) no ano 2003, presentaron datos de flores recollidas en marzo, unha vez pasado o primeiro ciclo de cultivo, con valores de 1,5 mg/g. En Italia Aiello (2002) e Aiello *et al.* (2002a) mostran contidos de alquilamidas en flores que oscilaron de 0,01 a 0,65 mg/g. En Galicia Romero *et al.* (2014) rexistraron valores de 0,17 e 0,18 mg/g no segundo e terceiro ano de cultivo.

Esta literatura reflexa a ampla variabilidade rexistrada deste principio activo nas partes aéreas de *E. purpurea*, cun rango de 0,01 a 3,5 mg/g, atopando unha única referencia de datos para o primeiro ano de cultivo (Wills e Stuart, 2000a), con valores moi alonxados dos acadados nesta tese. Os nosos datos varían de 0,01 a 0,02 mg/g, atopándose dentro dos valores recompilados por Aiello (2002).

As follas constitúen a parte da planta onde temos menor presenza de alquilamidas (Figuras 106, 107 e 108), con contidos medios do conxunto de datos de tódolos tratamentos de 0,21 a 0,38 mg/kg acadados ao longo dos tres anos do cultivo de *E. purpurea*.

Os valores máximos de alquilamidas en follas danse nos tratamentos de polietileno de 400 e de 700 galgas, aparecendo diferenzas significativas entre as bancadas cubertas cos polietilenos e o resto de tratamentos (Figura 111). Os contidos de alquilamidas en follas oscilaron entre os 0,08 e os 0,55 mg/kg no primeiro ano, entre os 0,08 e os 0,70 mg/kg do segundo ano e os 0,05 a 0,39 mg/kg do terceiro ano de cultivo. Estes resultados están moi arredados do rango recompilado da literatura de 0,01 a 0,54 mg/g: 0,01 a 0,3 mg/g apuntados por Bauer (1998) e Aiello (2002),  $<0,1$  a 0,3 mg/g (rango do primeiro e segundo ano de cultivo) acadados por Wills e Stuart (2000a), e dos 0,07 mg/g do segundo ano de cultivo rexistrados no ano 2003 polos mesmos autores. Os datos obtidos por Aiello *et al.* (2002a), mostran valores de 0,54 mg/g para o segundo ano de cultivo, e de 0,25 mg/g no terceiro ano.

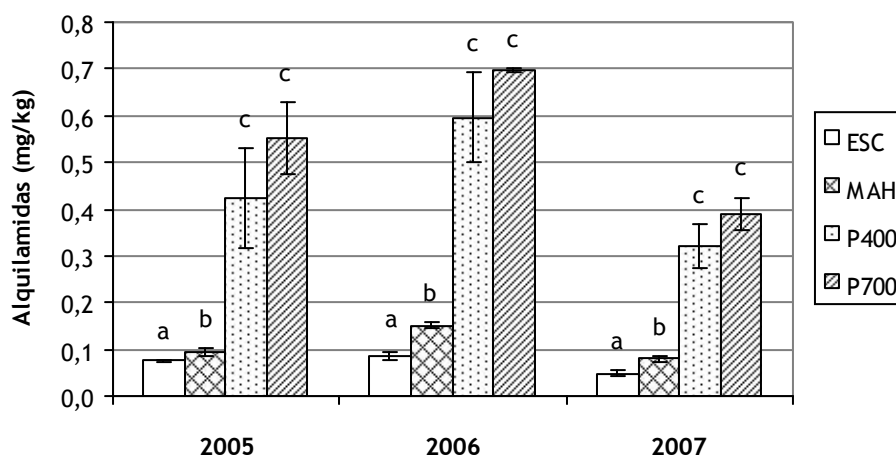


Figura 111. Contido de alquilamidas (mg/kg) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando observamos a evolución das concentracións de alquilamidas en follas, nos tres anos de cultivo, comprobamos como é no segundo ano onde se acadan os niveis máis elevados de alquilamidas en follas, e o terceiro ano no que se obteñen os valores máis baixos, para todos os tratamentos de control de adventicias avaliados (Figura 112).

Na literatura, dous son os ensaios de campo que aportan datos de alquilamidas en máis dun ano de cultivo: Stuart e Wills (2000a) presentan datos dos dous primeiros anos e Aiello *et al.* (2002a) do segundo e do terceiro ano. Os australianos (Stuart e Wills, 2000a) acadan niveis máis altos de alquilamidas no primeiro ano de cultivo, o que non coincide cos nosos resultados, xa que temos, en xeral, un aumento significativo do primeiro ao segundo ano, pero coincide cos datos dos italianos (Aiello *et al.*, 2002a), xa que nos dous casos o contido de alquilamidas en follas descende ata case a metade do segundo ao terceiro ano de cultivo de *E. purpurea*.

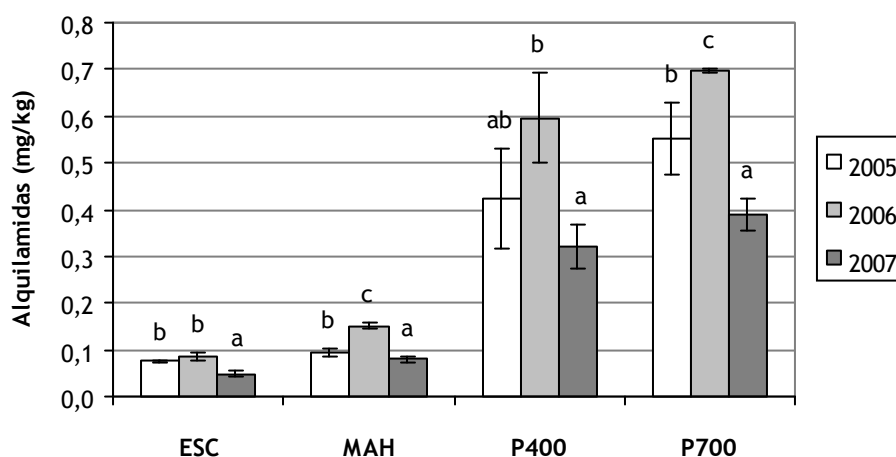


Figura 112. Contido de alquilamidas (mg/kg) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

No caso dos talos, presentan un rango de contidos medios, do conxunto de tódolos tratamentos (nos tres anos de cultivo), de 6,80 a 8,09 mg/kg, cos valores máis altos obtidos no segundo ano de cultivo nos polietilenos negros de 400 e 700 galgas, 13,94 e 12,31 mg/kg, respectivamente (Figura 113). Ao igual que

nas follas, estes resultado están tamén moi arredados dos 0,66 mg/g de mostras aéreas procedentes de comerciantes de planta medicinal, dunha ampla extensión de áreas de cultivo que se estenden dende o centro de Queensland ao oeste de Victoria, en Australia (Wills e Stuart, 2000), do rango de 0,2 a 1,3 mg/g (datos de 1º e 2º ano de cultivo) obtido polos mesmos autores, pero nesta ocasión, son datos de talos procedentes dun ensaio de campo na mesma zona de Australia, New South Wales (Wills e Stuart, 2000a) e dos 0,40 mg/g presentados polos mesmos autores no ano 2003. Os datos obtidos por Aiello *et al.* (2002a) mostran valores de 0,27 mg/g no segundo ano de cultivo e de 0,28 mg/g no terceiro ano, ambas concentracións moi alonxadas dos nosos resultados.

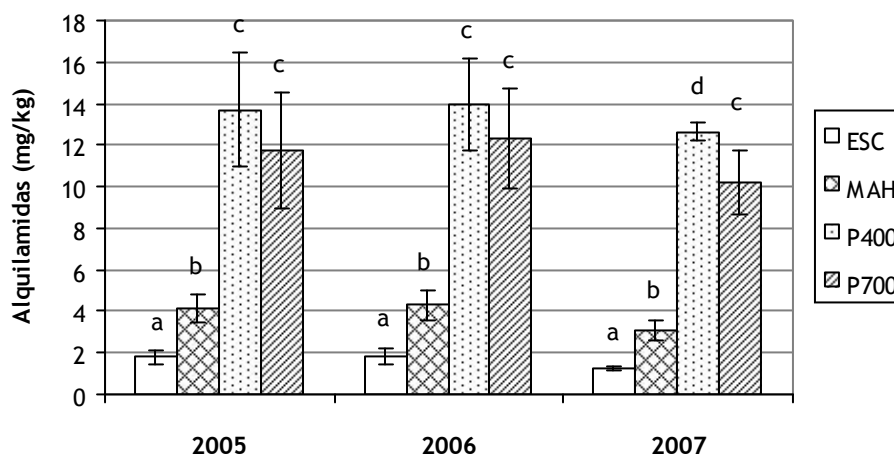


Figura 113. Contido de alcaloides (mg/kg) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

En Italia, Aiello (2002) recompilou de maneira concisa e clara, para cada unha das especies de *Echinacea* (*E. angustifolia*, *E. pallida* e *E. purpurea*), algúns dos compoñentes principais presentes nos diferentes órganos das plantas, publicados por distintos autores ata ese momento (Bauer e Wagner, 1990; Beuscher *et al.*, 1995; Bauer, 1999b). Dentro destes compoñentes atopamos as alcaloides, que en talos de *E. purpurea* oscilarían entre os 0,01 e os 0,3 mg/g, rango onde podemos incluír os resultados acadados nesta tese.

En canto á evolución do contido das alcaloides en talos ao longo dos anos de cultivo, atopamos un comportamento singular. Mentras que nas bancadas onde se levaron a cabo tratamentos de escarda manual e naquelas que se cubriron con mallas plásticas antiherba, existen diferenzas significativas entre os dous primeiros anos e o terceiro ano de cultivo, as plantas que se desenvolveron nas parcelas acolchadas con polietilenos negros de 400 e 700 galgas non presentan esta diferenciación (Figura 114). Isto indícanos que as plantas que crecen nos polietilenos presentan maior estabilidade nas concentracións de alcaloides en talos ao longo dos anos.

Por outro lado, a evolución do contido de alcaloides en talos é similar á rexistrada na literatura. Stuart e Wills (2000a) acadan concentracións moi próximas de 0,2-1,2 mg/g no primeiro e 0,3-1,3 mg/g no segundo ano, do mesmo xeito, Aiello *et al.* (2002a) rexistran valores similares no segundo e terceiro ano de cultivo, 0,27 e 0,28 mg/g, respectivamente, o que coincide coa evolución do contido de alcaloides en talos das parcelas acolchadas cos polietilenos negros na nosa investigación.

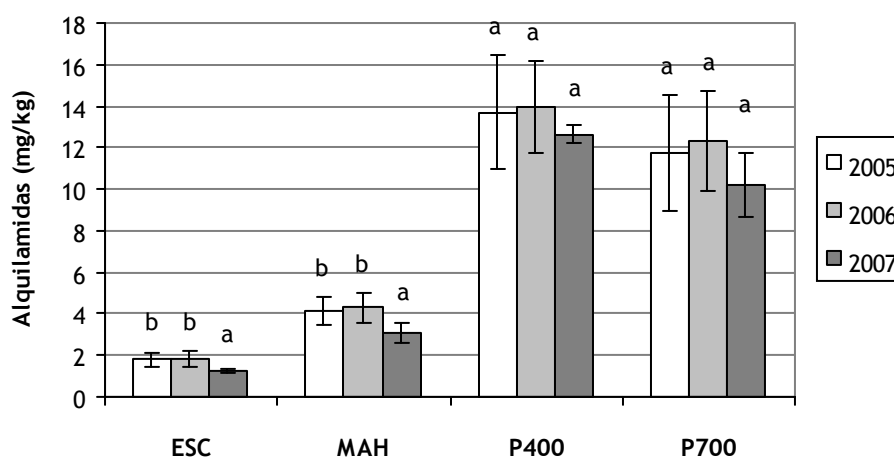


Figura 114. Contido de alquilamidas (mg/kg) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

#### 4.3.1.2. Parte subterránea

Os niveis de alquilamidas acadados na parte subterránea das plantas de *E. purpurea* foron superiores aos niveis obtidos no conxunto da parte aérea (Figuras 115 e 116), tal e como sinala a literatura. Mentres que na primeira colleita (2º ano de cultivo) de raíces o contido medio foi de 0,51 mg/g o contido medio presente na parte aérea foi de 0,03 mg/g. Isto repítese ao ano seguinte con niveis medios de 0,007 mg/g na parte aérea (non están incluídas as flores) e os 0,96 mg/g da parte subterránea.

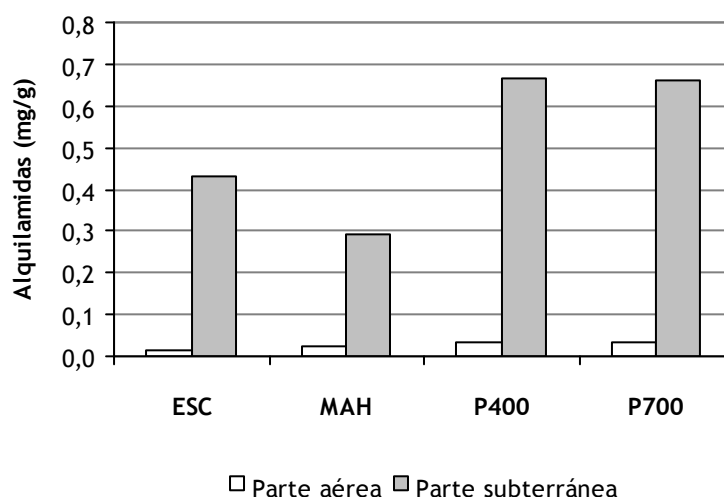


Figura 115. Contido de alquilamidas (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas e nas partes subterráneas de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo (2006).



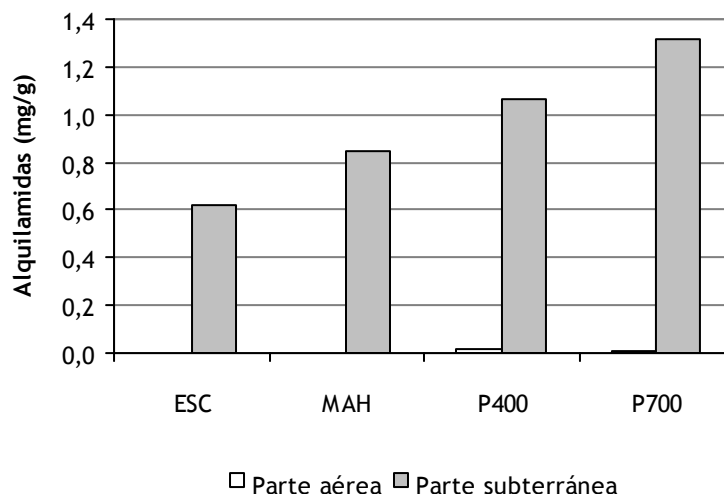


Figura 116. Contido de alcaloides (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas e nas partes subterráneas de *E. purpurea* no 3º ano de cultivo (2007).

A concentración media de alcaloides das raíces no segundo ano de cultivo (primeira colleita de raíces), variou dos 0,4 mg/g, rexistrados nas plantas das bancadas nas que se realizou a escarda manual e os 0,7 mg/g acadados nas bancadas cubertas cos polietilenos negros, existindo diferenzas significativas entre os resultados obtidos nos tratamentos de escarda e malla e os polietilenos (Figura 115).

Na literatura atopamos un rango de contido de alcaloides en raíces secas, con dous anos de permanencia en campo, que vai dos 0,2 mg/g acadados por Romero *et al.* (2014) aos 14,1 mg/g atopados por Perry *et al.* (1997). Aínda que os nosos resultados atópanse dentro deste rango, temos que puntualizar que están alonxados dos contidos medios de 5,2 mg/g calculados a partir dos datos recollidos na literatura.

Antes de proseguir coa presentación de resultados é preciso facer unha aclaración; os neozelandeses Perry *et al.* (1997) foron dos primeiros investigadores en presentar, nun mesmo traballo, os niveis de alcaloides presentes en plantas de *E. purpurea* nas diferentes fraccións das mesmas (flores, follas basais e as presentes ao longo dos talos florais, talos florais, talos vexetativos, rizomas e raíces). Os neozelandeses acadaron os niveis máis altos de alcaloides nos talos vexetativos. Esta fracción correspóndese cos brotes dos rizomas que dan lugar aos talos florais e é incluída por Perry *et al.* (1997), xunto coas flores, follas e talos florais, no conxunto da parte aérea. Nós incluímos esta fracción na parte subterránea, porque aínda que buscamos, non atopamos ningún traballo máis que separara os talos vexetativos dos rizomas.

Segundo coa presentación de resultados, no segundo ano de cultivo, as diferenzas na concentración media de alcaloides entre os distintos tratamentos non é tan clara como no primeiro ano de cultivo. Neste ano, aparecen diferenzas significativas entre o tratamento de escarda e o tratamento de polietileno de 700 galgas, a malla non presenta diferenzas significativas nin con escarda nin co polietileno de 400 galgas e este, a súa vez, non presenta diferenzas co polietileno de máis grosor. As concentracións medias oscilaron entre os 0,62 mg/g das raíces nas bancadas onde se realizaron as labores de escarda e os 1,3 mg/g acadados nas bancadas acolchadas co polietileno negro de 700 galgas (Figura 115).

As raíces con tres anos de permanencia en campo presentan un rango de variación de 0,5 a 4,0 mg/g na literatura, dentro do cal podemos incluír os nosos resultados, pero tal e como acontece cos niveis acadados no ano anterior, estes están moi alonxados dos 2,2 mg/g de media calculados a partir dos datos de raíces de tres anos de idade presentes na literatura.

Si ben é certo, na recompilación feita por Aiello (2002), onde aparecen algúns dos compoñentes principais presentes nos diferentes órganos das plantas de *E. angustifolia*, *E. pallida* e *E. purpurea* e dos seus contidos (se datos da idade das raíces), a variación vai dos 0,04 mg/g aos 0,4 mg/g, sendo os nosos resultados claramente superiores, sobre todo en raíces de tres anos de permanencia en campo.



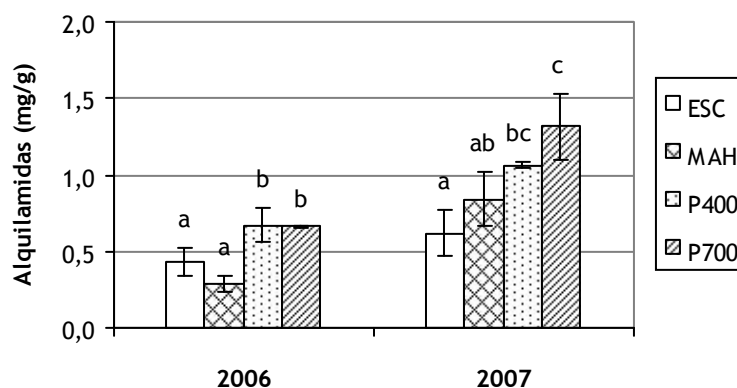


Figura 117. Contido de alquilamidas (mg/g) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

A concentración media de alquilamidas en raíces na parcela de ensaio pasou de  $0,51 \pm 0,18$  mg/g no segundo ano de cultivo a  $0,96 \pm 0,3$  mg/g no terceiro ano. Este incremento da concentración media de alquilamidas do segundo ao terceiro ano de cultivo dáse en tódolos tratamentos, pero só presentan diferenzas significativas as plantas das bancadas acolchadas coa malla antiherba e cos polietilenos negros (Figura 118), as plantas das bancadas onde se realizou o tratamento de escarda non presentan diferenzas significativas entre os dous anos de colleita de raíces.

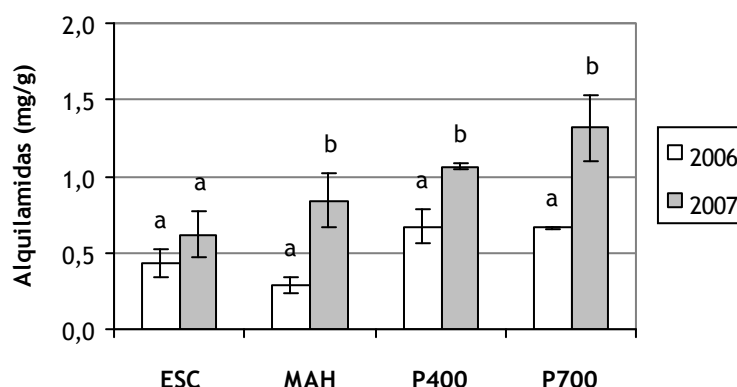


Figura 118. Contido de alquilamidas en raíces (mg/g) de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

Cando se comparan os resultados anteriores coa literatura, obsérvase, tanto a tendencia de manter unhas concentracións constantes (Aiello *et al.*, 2002a) como, no caso das plantas das bancadas con tratamento de escarda, acadar producións máis elevadas no terceiro ano de cultivo (Romero *et al.*, 2014).

### 4.3.2. Ácido achicórico

#### 4.3.2.1. Parte aérea

O ácido achicórico é especialmente abundante nas flores de todas as especies de *Echinacea* con valores que varían de 12 a 31 mg/g (Bauer, 1998). Os valores medios do conxunto de tratamentos, no primeiro ano cultivo foi de  $2,3 \pm 0,06$  mg/g de ácido achicórico en flores. Os contidos de follas

presentaron valores medios de  $1,4 \pm 0,1$  mg/g (conxunto de tratamentos) e os talos de  $0,7 \pm 0,1$  mg/g (Figura 119).

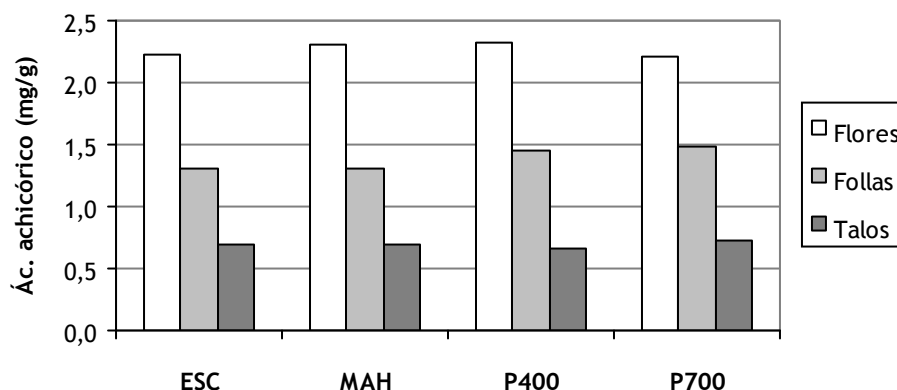


Figura 119. Contido de ácido achicórico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 1º ano de cultivo (2005).

Cando observamos o contido de ácido achicórico no conxunto de tratamentos no segundo ano de cultivo, atopamos que os valores medios foron de  $2,4$  mg/g  $\pm 0,1$  en flores,  $1,4 \pm 0,1$  mg/g en follas e  $0,7 \pm 0,03$  en talos (Figura 120).

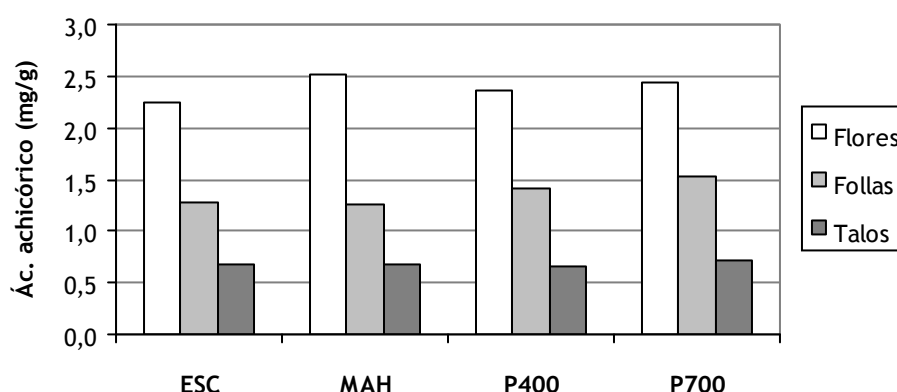


Figura 120. Contido de ácido achicórico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo (2006).

No terceiro ano de cultivo, ao carecer de datos de flores, só dispoñemos das medias de follas e talos que foron de  $1,0 \pm 0,2$  mg/g e  $0,4 \pm 0,01$  mg/g, respectivamente (Figura 121).

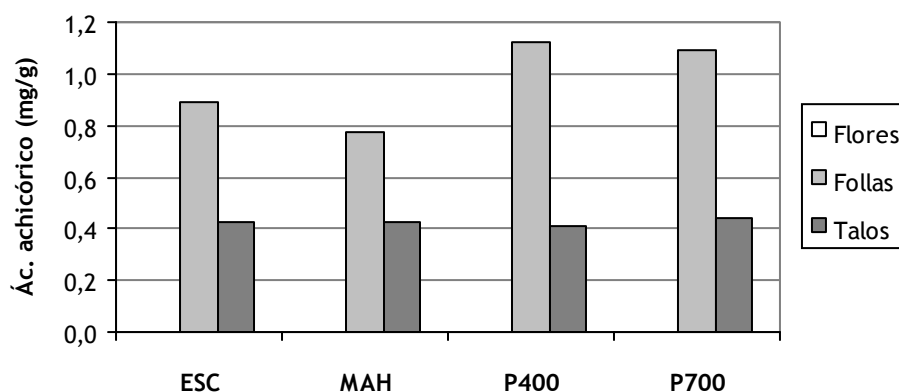


Figura 121. Contido de ácido achicórico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo (2006).

Os contidos de ácido achicórico en flores, no primeiro ano de cultivo, variaron de  $2,2 \pm 0,09$  mg/g nas bancadas cubertas con polietileno negro de 700 galgas ata  $2,3 \pm 0,06$  mg/g nas bancadas cubertas con polietileno negro de 400 galgas, non existindo diferenzas significativas entre tratamentos (Figura 122).

No segundo ano de cultivo as concentracións de achicórico en flores oscilaron entre os  $2,25 \pm 0,28$  mg/g das plantas que creceron nas bancadas nas que se realizou a escarda manual e os  $2,52 \pm 0,03$  mg/g acadados nas bancadas cubertas con malla plástica antiherba, ademais, igual que o acontecido no ano anterior, non se dan diferenzas significativas entre tratamentos.

Os resultados acadados nos dous anos de cultivo de *E. purpurea* indican que os tratamentos utilizados nesta tese para o control de arvenses inflúen na concentración de ácido achicórico en flores.

No que concirne á literatura, os nosos resultados entran dentro do rango de valores obtido por Kreft (2005) de 2,17 a 28,88 mg/g (promedio de  $10,76 \pm 5,61$  mg/g), así como do acadado por Qu *et al.* (2005b), con niveis que van dos 2,03 aos 31,58 mg/g (promedio de  $10,9 \pm 6,61$  mg/g) atopados en flores maduras e aínda que menores, os contidos de achicórico están cerca dos 2,62, 2,74 e 2,63 mg/g acadados no primeiro, segundo e terceiro ano de cultivo por Romero *et al.* (2014). Moi lonxe destes valores atopamos o resto de concentracións recollidas na literatura con valores que van desde os  $9,95 \pm 1,89$  mg/g acadados por Kim *et al.* (2000a) en flores de plantas no terceiro ano de cultivo aos  $94,93 \pm 1,49$  mg/g e  $94,81 \pm 1,72$  mg/g rexistrados por Chen *et al.* (2008) en flores recollidas no outono do primeiro e segundo ano de cultivo. Puntualizar que estas concentracións atopadas en China están moi alonxadas dos 14-15 mg/g de contidos medios calculados a partir dos datos recompilados na literatura.

Tamén debemos sinalar que ao contrario que o sinalado por Bauer e Vom no ano 1999 das alquilamidas, que alcanzan os seus máximos valores unha vez a flor alcanza a súa madurez, o contido de ácido achicórico alcanza os máximos valores nas flores ao principio do seu desenvolvemento, de botón floral, (46,7 mg/g), baixando a 14,2 mg/g nas flores formadas totalmente, segundo o publicado por Letchamo *et al.* (1999).

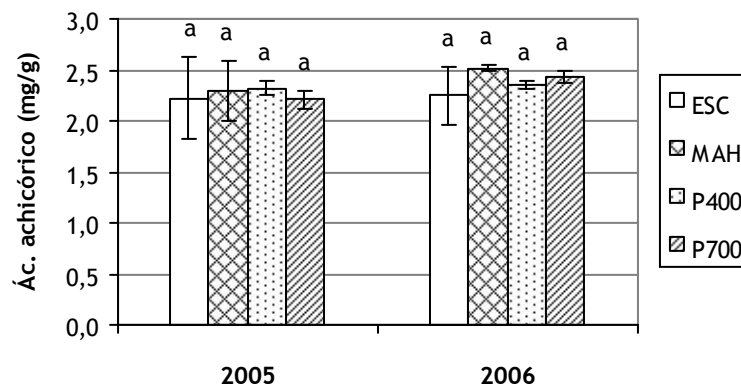


Figura 122. Contido de ácido achicórico (mg/g) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Centrándonos na evolución do contido de ácido achicórico nas flores, nos dous anos de cultivo dos que dispoñemos de datos (2005 e 2006), só se atopan diferenzas significativas nas plantas das bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas, acadando os niveis máis elevados nas flores do segundo ano de cultivo (Figura 123).

Na literatura atopamos tres ensaios que presentan resultados de máis dun ano de cultivo: 1º e 2º ano de cultivo, no ensaio levado a cabo en Australia por Stuart e Wills (2000a) no que rexistran unha maior concentración no segundo ano de cultivo; primeiro e segundo ano de cultivo en China, onde as concentracións permanecen estables (Chen *et al.*, 2008) e o 1º, 2º e 3º ano de cultivo en Galicia realizado por Romero *et al.* (2014) onde, como nos resultados dos chineses, as concentracións mantéñense ao longo dos anos de cultivo.

Seguindo coa evolución dos contidos de ácido achicórico en flores ao longo dos anos de cultivo e tendo en conta o recollido na literatura, non podemos afirmar de maneira taxativa que a concentración de achicórico en flores permanezca constante ao longo dos anos, aínda que mostre unha tendencia a elo.

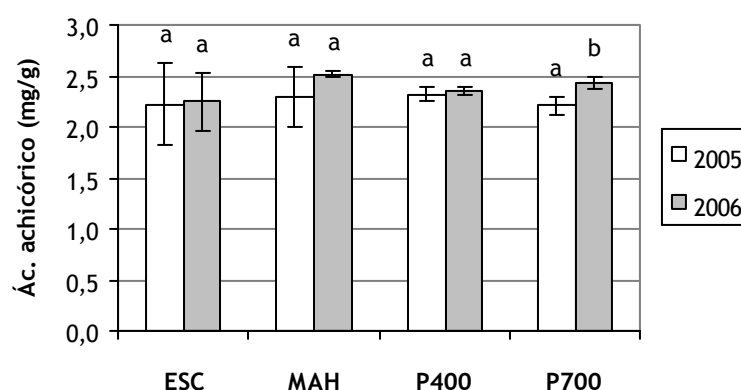


Figura 123. Contido de ácido achicórico (mg/g) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

Os valores recollidos para follas, no primeiro ano de cultivo, van dos  $1,3 \pm 0,1$  mg/g para as bancadas onde se realizaron escardas manuais ata os  $1,5 \pm 0,2$  mg /g no polietileno negro de 700 galgas (Figura 124) e non aparecen diferenzas significativas entre os distintos tratamentos. O contido de ácido achicórico en follas no segundo ano de cultivo variou dos  $1,3 \pm 0,05$  mg/g acadados nas bancadas acolchadas con

mallas plásticas antiherba aos  $1,5 \pm 0,1$  mg/g acadados nas parcelas cubertas con polietileno de 700 galgas, aparecendo diferenzas significativas entre este tratamento e os tratamentos de malla e escarda (Figura 124).

No terceiro ano de cultivo as follas presentan contidos de ácido achicórico que van desde o  $0,8 \pm 0,05$  mg/g das plantas desenvolvidas nas bancadas acolchadas con malla antiherba e os  $1,1 \pm 0,2$  mg/g das plantas que creceron nas bancadas acolchadas cos polietilenos negros. Neste terceiro ano de cultivo, do mesmo xeito que nos anos anteriores, non aparecen diferenzas significativas entre estes dous tratamentos, pero neste caso, ambos presentan diferenzas significativas co resto de tratamentos (escarda e malla), así como no resto de tratamentos entre si; sendo as plantas das bancadas con malla antiherba as que presentan os contidos de ácido achicórico máis baixos (Figura 124).

Os contidos de ácido achicórico en follas que aparecen na literatura, do mesmo xeito que acontece nas flores, presentan unha enorme variabilidade, atopando concentracións que van dende os 0,45 mg/g acadados en plantas cun ano de permanencia en campo (Romero *et al.*, 2014) aos 52,25 mg/g atopados por Kreft (2005) en plantas que levaban en campo dende un a sete anos. Aínda que os datos acadados nesta tese pódense incluír dentro deste rango, atópanse moi alonxados dos niveis medios de aproximadamente 14 mg/g calculados a partir dos datos recompilados na literatura.

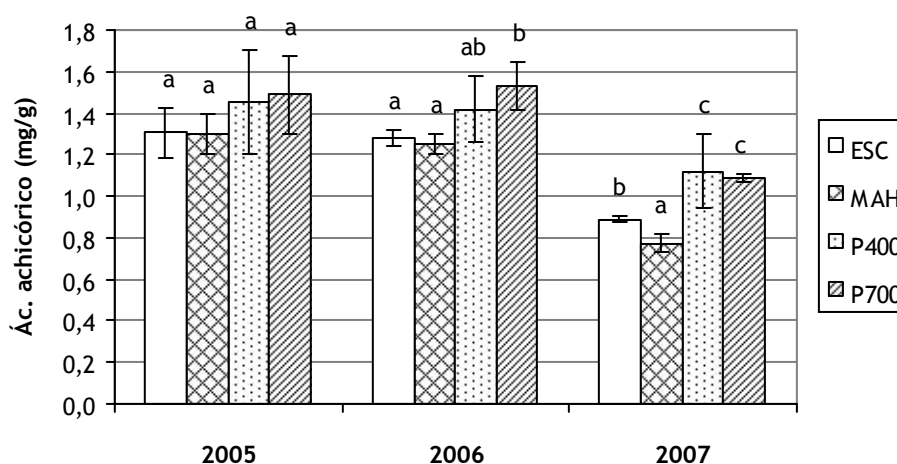


Figura 124. Contido de ácido achicórico (mg/g) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

En canto á evolución do contido de ácido achicórico en follas vese unha tendencia clara, nos tratamentos de escarda, malla e polietileno de 700 galgas, nos dous primeiros anos de cultivo o contido de achicórico en follas é significativamente maior que ao presente en follas do terceiro ano de cultivo, no caso do tratamento de polietileno de 400 galgas existen diferenzas pero non son significativas (Figura 125).

Cando observamos a literatura Stuart e wills (2000a), con rexistros no 1º e 2º ano de cultivo, acadan concentracións de achicórico maiores no primeiro ano de cultivo. Igualmente, Chen *et al.* (2008), tamén con datos de 1º e 2º ano de cultivo, acadan as concentracións máximas no primeiro ano de cultivo ao contrario de Romero *et al.* (2014) que as acadan no segundo ano de cultivo.

Neste caso, si comparamos o recollido na literatura cos nosos resultados non atopamos ningunha tendencia do ácido cichórico en follas ao longo dos anos de cultivo o que indica a variabilidade deste ácido caféico, dificilmente explicable pola acción dun único factor.

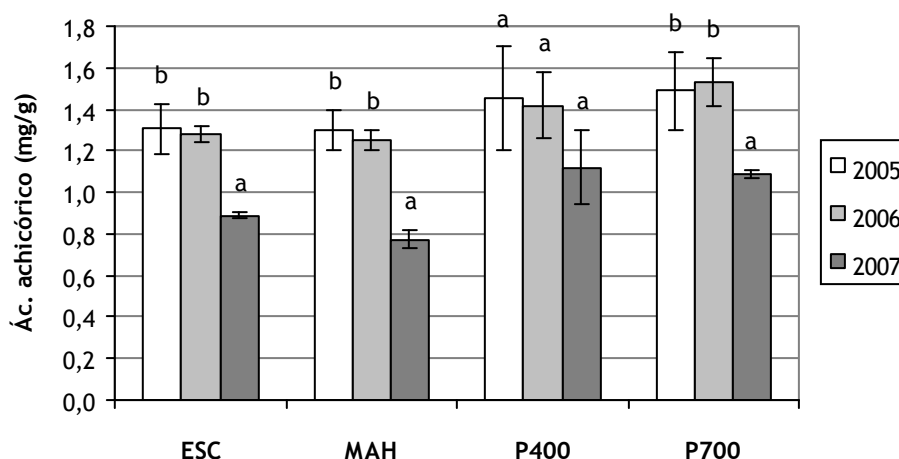


Figura 125. Contido de ácido achicórico (mg/g) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

Os talos, no primeiro ano de cultivo, son os que presentan os menores contidos de ácido achicórico no conxunto da parte aérea, con valores medios de  $0,70 \pm 0,03$  mg/g. Non existindo diferenzas significativas entre os distintos tratamentos, tal e como se observa na Figura 126. Cando comparamos estes resultados con concentracións de achicórico en talos (1º ano de cultivo) presentes na literatura, atopamos por un lado: os 0,59 mg/g acadados por Romero *et al.* (2014) que aínda que son inferiores están próximos aos resultados desta tese e por outro lado: os 6,4 e 7,6 mg/g atopados por Stuart e Wills (2000a). Os niveis de achicórico en talos varían de maneira significativa, do mesmo xeito que en flores e follas, nos talos analizados por Kreft (2005) con valores que van dos 0,30 aos 7,75 mg/g e que engloban tanto os nosos resultados, como os presentes na literatura.

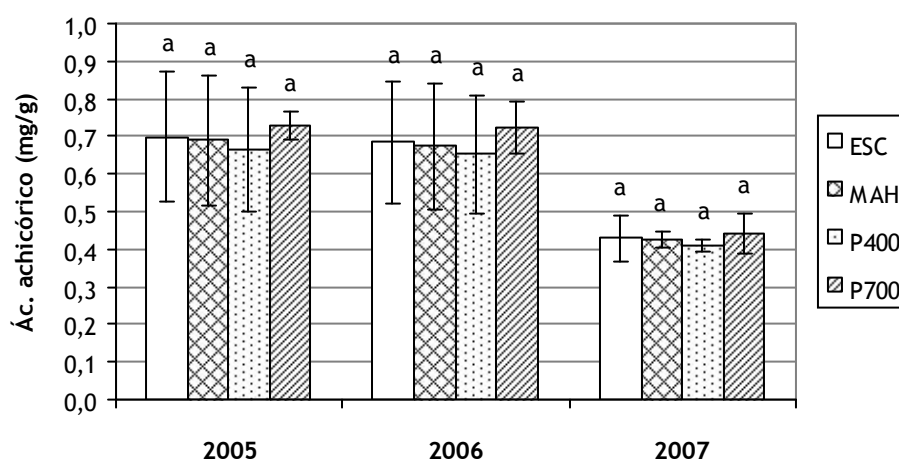


Figura 126. Contido de ácido achicórico (mg/g) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

No segundo ano de cultivo os talos seguen presentando os valores máis baixos de ácido achicórico, tanto da planta enteira como da parte aérea, con valores medios de  $0,7 \pm 0,03$  mg/g similares aos acadados no ano anterior, sen atopar diferenzas significativas entre tratamentos (Figura 126). Estes valores son un pouco superiores aos 0,59 mg/g acadados por Romero *et al.* (2014), inferiores aos 8,8-10,9 mg/g



alcanzados por Stuart e Wills (2000a) ámbolos dous rexistrados en talos de plantas no 2º ano de cultivo e atópanse dentro do rango rexistrado por Kreft (2005).

No terceiro ano de cultivo, tal e como acontece nos anos anteriores, o contido de ácido achicórico é o máis baixo dos contidos atopados nas distintas partes de *E. purpurea* analizadas e do mesmo xeito non se presentan diferenzas significativas entre tratamentos (Figura 126). O contido medio de achicórico en talos do conxunto de tratamentos foi de  $0,43 \pm 0,01$  mg/g neste terceiro ano de cultivo e aínda que se atopa dentro do rango rexistrado por Kreft (2005), está por baixo dos 0,87 mg/g obtidos por Romero *et al.* (2014). Esta baixada de concentración, con respecto aos anos anteriores, pode ser debida ao cambio na data de recollida: os talos de primeiro e segundo ano recolléronse no momento de plena floración, mentres que os talos do terceiro ano tiveron que ser recollidos cando a maioría das plantas atopábanse no estado de desenvolvemento do talo floral.

Os resultados dos tres anos de cultivo sinalan, tal e como sucede nas flores, que os tratamentos de control de flora arvense empregados nesta tese, non parecen influir na concentración de ácido cichórico presente nos talos de *E. purpurea*.

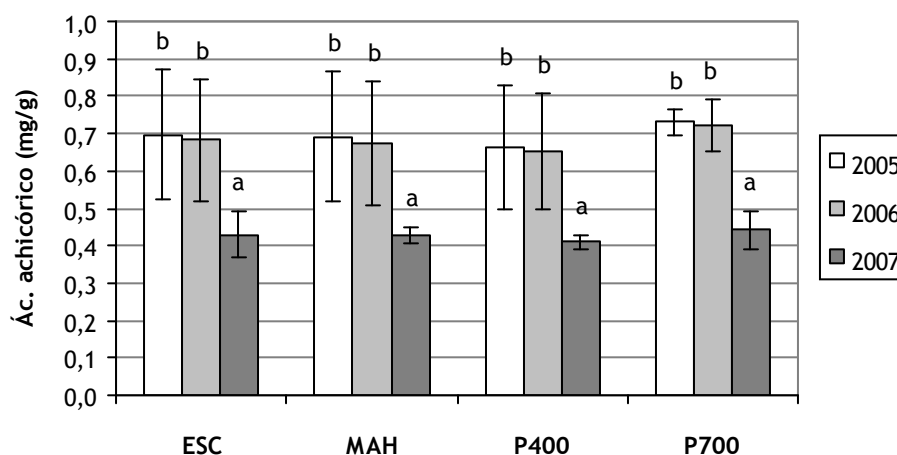


Figura 127. Contido de ácido achicórico (mg/g) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

En canto á evolución do ácido achicórico en talos aparece unha tendencia clara en tódolos tratamentos: os dous primeiros anos presentan diferenzas significativas con respecto ao terceiro ano de cultivo, acadándose niveis máis baixos de ácido achicórico en talos de plantas de terceiro ano de cultivo (Figura 127). Dita tendencia non coincide co atopado na literatura, na que as concentracións: ou ben mantéñense constantes nos dous primeiros anos e aumentan no terceiro ano (Romero *et al.*, 2014), ou ben aumentan ou decrecen do primeiro ao segundo ano de cultivo, en función da localización das plantas; interior ou costa de Australia, respectivamente (Stuart e Wills, 2000a).

Antes de pasar a falar do contido de ácido achicórico nas raíces e importante sinalar que o ácido achicórico sofre unha descomposición enzimática durante o procesado da planta e que nos traballos de Kim *et al.* (2000) e Stuart e Wills (2003) observouse que a concentración do ácido achicórico decrece a medida que aumenta a temperatura de secado, polo que a estrutura do ácido achicórico é bastante lábil. Ademais, Rogers *et al.* (1998), Wills e Stuart (1999) Binns *et al.* (2002a) e Kreft (2005) afirman que o contido deste ácido é altamente variable.

#### 4.3.2.2. Parte subterránea

Os contidos medios de ácido achicórico en raíces de segundo ano de cultivo (no conxunto de tratamentos) acadaron os 2,2 mg/g atópanse próximos aos 2,4 mg/g rexistrados en flores dese mesmo ano.

Neste primeiro ano de colleita de raíces (segundo ano de cultivo) os contidos máis baixos de ácido achicórico foron os  $1,7 \pm 0,4$  mg/g acadados nas plantas desenvolvidas nas bancadas onde se levou a cabo a escarda manual e os contidos máis altos os que se acadaron nas parcelas acolchadas con polietileno de P400 cuns valores medios de  $2,8 \pm 0,6$  mg/g. No que se refire ás diferenzas estatísticas: escarda e polietileno de 400 galgas preséntanas entre si, pero tanto a malla como o polietileno de 700 galgas non as presentan con ningún dos tratamentos (Figura 128).

No segundo ano de recollida de raíces (3º ano de cultivo) o contido de ácido achicórico vai dos 1,4 mg/g atopados en plantas nas bancadas de escarda e malla aos 1,9 mg/g atopados nas bancadas acolchadas cos polietilenos. Aparecendo diferenzas significativas entre o tratamento de escarda e o de polietileno de 700 galgas e sen existir diferenzas entre os dous polietilenos nin entre escarda e malla (Figura 128).

Cando se observa a literatura, a maioría dos autores presentan uns rangos de concentración de achicórico en raíces moi amplos. Todos estes rangos están incluídos nos rangos de 1,4 a 8,0 mg/g acadados por Stuart e Wills (1999) e os 1,6 a 40,1 mg/g obtido por Loaiza *et al.* (2004). Aínda que os resultados acadados nesta tese atópanse dentro destes rangos a concentración alcanzada é baixa con respecto aos valores medios recollidos na literatura.

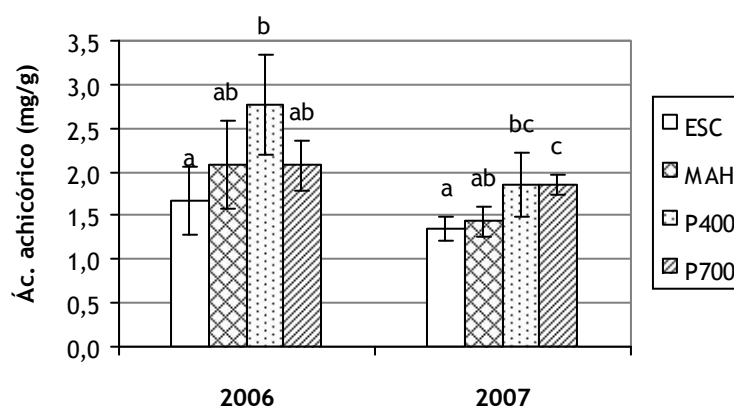


Figura 128. Contido de ácido achicórico (mg/g) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Comparando os dous anos de colleita de raíces, é no primeiro ano de colleita (2º ano de cultivo) onde atopamos os contidos máis altos de ácido achicórico, aínda que só se atopan diferenzas significativas nos tratamentos de malla e de polietileno de 400 galgas (Figura 129).

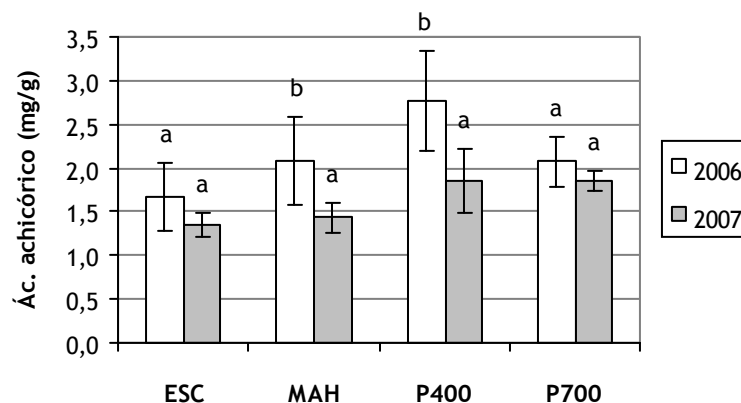


Figura 129. Contido de ácido achicórico (mg/g) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

No que respecta á evolución da concentración de ácido achicórico en raíces presente na literatura, tampouco se observa unha tendencia clara. Stuart e Wills (2000a) atopan que as concentracións, en función da localización das plantas de *E. purpurea* (1º e 2º ano de cultivo), na costa ou no interior de Australia, diminúen e aumentan, respectivamente e no traballo levado a cabo por Romero *et al.* (2014) as concentracións aumentan do segundo ao terceiro ano de cultivo.

Por outro lado, tal e como se sinalou nos talos e tamén se podería ter referido ás follas, hai que ter presente que a data de recollida das raíces no terceiro ano de cultivo non se corresponde coa data de colleita do segundo ano e mentres que a diminución de concentración de achicórico dos talos no terceiro ano de cultivo pode deberse a este cambio, o caso das raíces é dificilmente xustificable.

### 4.3.3. Ácido caftárico

#### 4.3.3.1. Parte aérea

Os maiores contidos de ácido caftárico do conxunto da parte aérea atopámoslos nas flores (Figuras 130 e 131), con valores medios para tódolos tratamentos de  $1,15 \pm 0,04$  mg/g no primeiro ano de cultivo (2005) e de  $1,33 \pm 0,10$  mg/g no segundo ano de cultivo (2006).

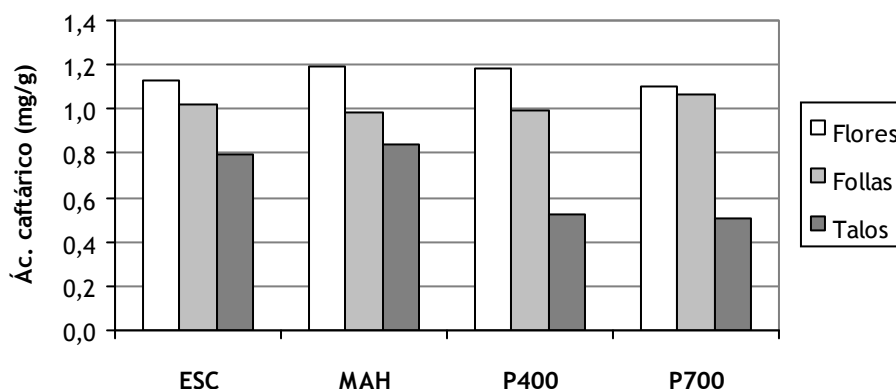


Figura 130. Contido de ácido caftárico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 1º ano de cultivo (2005).

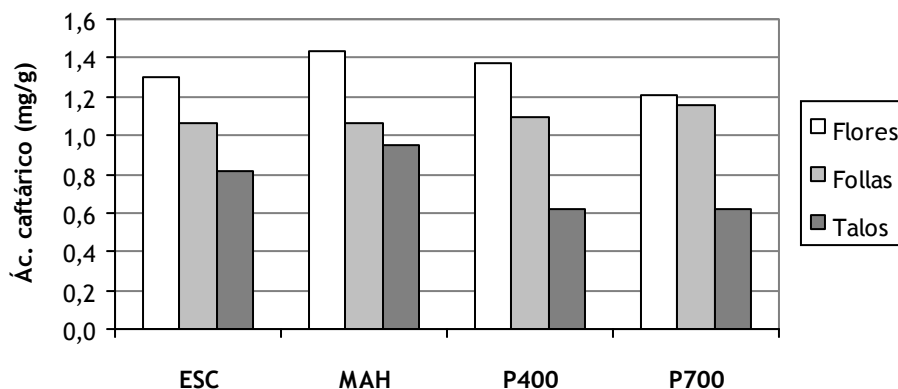


Figura 131. Contido de ácido caftárico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo (2006).

No terceiro ano de cultivo, ao non dispoñer de datos de flores, son as follas as que presentan os contidos medios máis elevados de ácido caftárico dentro do conxunto aéreo, tendo en conta tódolos tratamentos (Figura 132), con valores de  $0,97 \pm 0,01$  mg/g e  $0,41 \pm 0,14$  mg/g en follas e talos respectivamente.

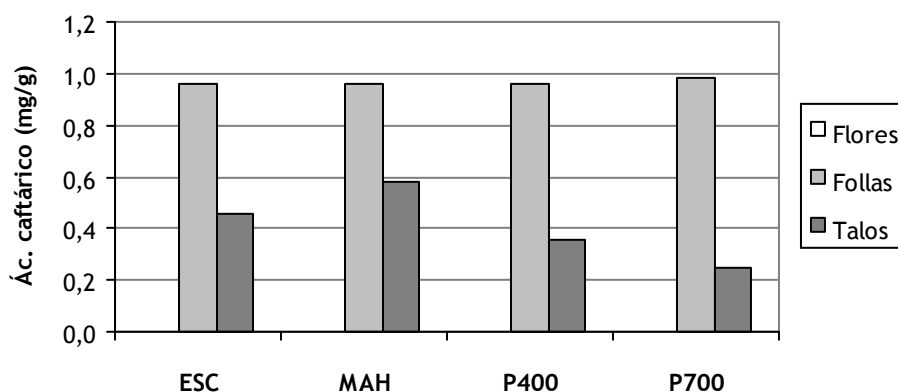


Figura 132. Contido de ácido caftárico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 3º ano de cultivo (2007).

Os contidos de ácido caftárico en flores no primeiro ano de cultivo variaron dos 1,11 mg/g nas plantas desenvolvidas nas bancadas acolchadas con polietileno de 700 galgas e os 1,19 mg/g acadados simultaneamente nas bancadas acochadas con malla antiherba e polietileno negro de 400 galgas, sen atopar diferenzas significativas entre tratamentos. No segundo ano de cultivo vólvense a acadar os valores máis baixos ( $1,21 \pm 0,11$  mg/g) nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas e os máis altos nas bancadas cubertas con malla plástica antiherba ( $1,43 \pm 0,05$  mg/g). Este ano seguen sen mostrar diferenzas significativas os tratamentos de malla antiherba e de polietileno de 400 galgas entre eles, pero si as atopamos entre estes tratamentos e a escarda, así como co polietileno de 700 galgas (Figura 133).

Kim *et al.* (2000a) estudaron os efectos de diferentes métodos de secado nos contidos dos derivados do ácido caftárico, para mostras de flores no seu terceiro ano de cultivo. Analizáronse flores recollidas en agosto e setembro, e que foron secadas por medio de aire quente, concretamente a 25, 40 e 70 °C. Como reflexamos na parte de material e métodos, as nosas mostras foron recollidas dende agosto ata decembro e foron secadas ata peso constante a unha temperatura de 35 °C. Os valores obtidos por Kim *et al.* nas mostras secas a 40 °C son de  $2,68 \pm 0,20$  mg/g e de  $2,14 \pm 0,76$  mg/g, para agosto e setembro, e para as

mostras secas a 25 °C, recollidas en setembro, os valores obtidos son de  $1,26 \pm 0,25$  mg/g. Este último valor é o que máis se aproxima aos nosos datos que presentan uns valores medios de  $1,15 \pm 0,04$  mg/g.

O traballo publicado en Eslovenia por Kreft (2005), mostra un rango de 0,74 a 12,56 mg/g de caftárico, en flores no seu segundo ano de cultivo. As nosas mostras, tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo, atópanse dentro deste rango. Neste caso, Kreft, en contraste coa información previa, de que os derivados do ácido caféico aparecen fundamentalmente en flores e raíces (Bauer e Wagner, 1991; Bauer, 1999a) rexistrou concentracións de ácido caftárico máis altas en follas que en flores.

Segundo coa literatura, podemos atopar traballos con concentracións de caftárico en flores de *E. purpurea* similares aos acadados nesta tese como os  $1,10 \pm 0,02$  e os  $1,21 \pm 0,06$  mg/g alcanzados no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, por Romero *et al.* (2014), valores superiores como os 2,8-4,9 ( $\pm 0,7$ ) mg/g obtidos por Liu *et al.* (2007) en flores secas (diferentes métodos de secado) de primeiro ano de cultivo e valores moi superiores como os  $23,91 \pm 0,35$  mg/g alcanzados no primeiro ano de cultivo e os  $23,69 \pm 0,37$  e  $24,71 \pm 0,40$  mg/g acadados entre primavera e outono do segundo ano en China por Chen *et al.* (2008). Estes niveis tan elevados parecen corresponder a traballos previos de selección de material vexetal.

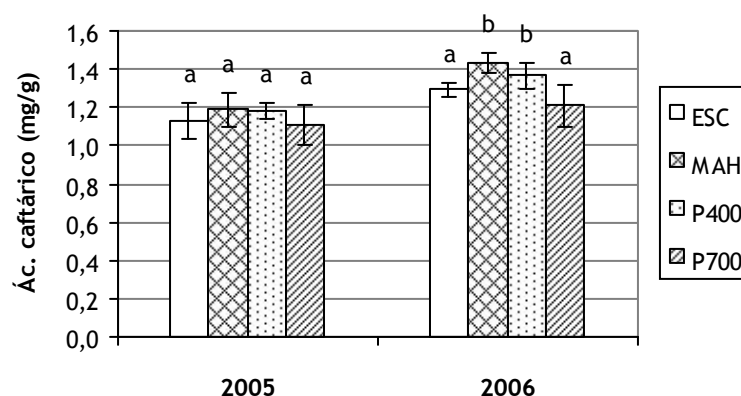


Figura 133. Contido de ácido caftárico (mg/g) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando observamos a evolución do contido de ácido caftárico en flores vemos como, de forma xeral, danse diferenzas significativas entre os dous primeiros anos de cultivo (2005 e 2006), acadando o nivel do compoñente fenólico máis alto no segundo ano de cultivo. Como excepción a esta tendencia temos as plantas desenvolvidas nas bancadas acolchadas co polietileno de 700 galgas, nas que a concentración de ácido caftárico non presenta diferenzas significativas entre os dous anos avaliados (Figura 134). Do mesmo xeito que no polietileno de 700 galgas, no traballo de Chen *et al.* (2008) tamén se observan concentracións similares entre plantas con un e dous anos de premanencia en campo, así como no traballo de Romero *et al.* (2014).

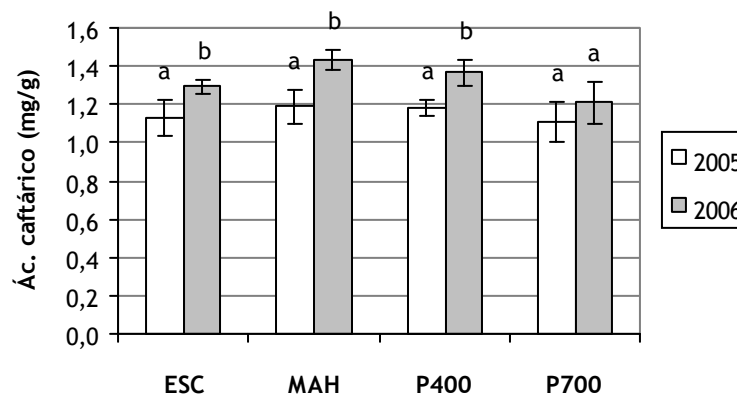


Figura 134. Contido de ácido caftárico (mg/g) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

De maneira semellante aos valores obtidos nas mostras de flores no primeiro ano de cultivo, non existen diferenzas significativas entre tratamentos para as mostras de follas ao longo dos tres anos de cultivo da equinácea (Figura 135).

Os contidos de ácido caftárico en follas no primeiro ano de cultivo son similares aos presentes nas flores neste mesmo ano, variando de  $0,98 \pm 0,05$  mg/g nas bancadas cubertas coa malla antiherba ata os  $1,07 \pm 0,21$  mg/g alcanzados nas bancadas cubertas con polietileno negro de 700 galgas (Figura 135). No segundo e terceiro ano de cultivo os valores de caftárico seguen sen presentar diferenzas significativas entre tratamentos en follas, acadando concentracións medias de  $1,09 \pm 0,04$  e  $0,97 \pm 0,01$  mg/g respectivamente.

O feito de non atopar diferenzas significativas entre os distintos tratamentos ao longo dos tres anos de cultivo de *E. purpurea* indica, tal e como acontece co ácido achicórico en flores e talos, que a concentración de ácido caftárico en follas non parece estar influenciada polos tratamentos de control d flora arvense utilizados nesta tese.

Por outro lado, cando se observa a literatura, repítese o mesmo que o mostrado nas flores: podemos atopar concentracións de caftárico moi baixas, como os 0,14 mg/g obtidos por Romero *et al.* (2014) no primeiro ano de cultivo, valores máis altos como os 1,51 mg/g obtidos no segundo ano de cultivo polos autores anteriores, ou os  $4,9 \pm 1,1$  aos  $6,7 \pm 0,6$  mg/g rexistrados no primeiro ano de cultivo por Liu *et al.* (2007) e valores moito máis altos como os 20,63 mg/g e os 6,68-15,92 mg/g atopados no primeiro e segundo ano de cultivo en China por Chen *et al.* (2008)

O amplo rango de 2,92 a 32,90 mg/g de caftárico en follas obtido por Kreft (2005) da unha idea da gran variabilidade atopada entre plantas. O autor conclúe que só unha pequena parte da variabilidade pode explicarse polas condicións no lugar de cultivo e sinala as diferenzas interindividuais como a principal fonte de variabilidade. Sin lugar a dúbida, a selección de individuos con altas concentracións de principios activos é moi necesaria á hora de cultivar *E. purpurea*.



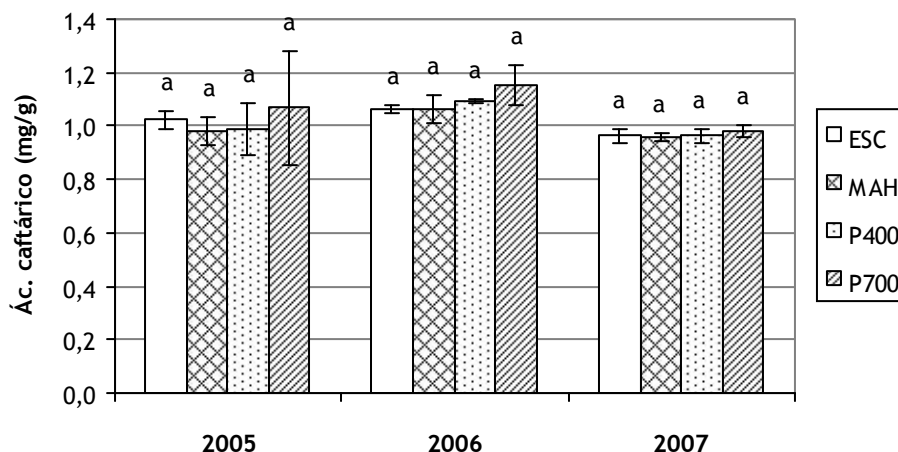


Figura 135. Contido de ácido caftárico (mg/g) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando nos centramos na evolución do caftárico ao longo dos tres anos de cultivo, observamos como o terceiro ano é no que as follas de *E. purpurea* mostran os niveis máis baixos e o segundo, que non presenta diferenzas significativas co primeiro ano de cultivo, a excepción do tratamento de escarda, é o que presenta os niveis máis altos (Figura 136).

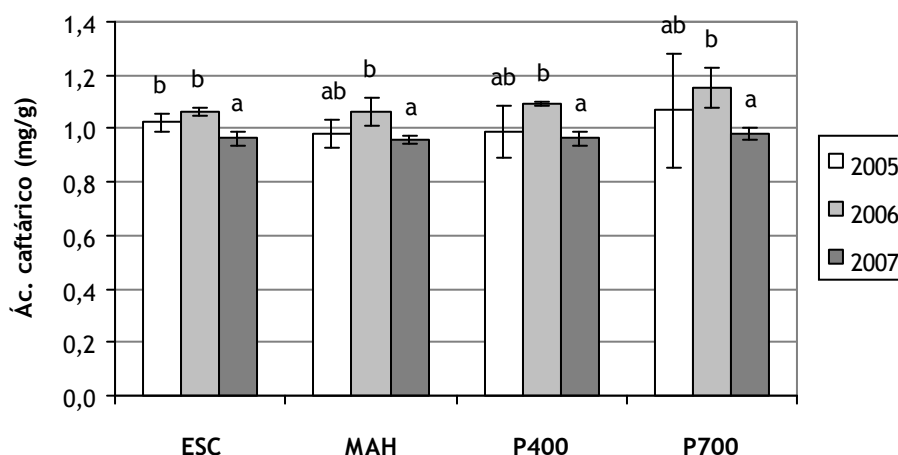


Figura 136. Contido de ácido caftárico (mg/g) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

O talo é a parte aérea que presenta os contidos máis baixos en ácido caftárico. No primeiro ano de cultivo os valores variaron dos  $0,51 \pm 0,08$  mg/g alcanzados nas plantas que se desenvolveron sobre polietileno negro de 700 galgas ata valores de  $0,84 \pm 0,2$  mg/g acadados nas bancadas cubertas con malla antiherba, mentres que no segundo ano de cultivo os valores oscilaron entre os  $0,62 \pm 0,1$  mg/g das plantas desenvolvidas nas bancadas acolchadas con ambos polietilenos ata os  $0,95 \pm 0,1$  mg/g das bancadas cubertas con malla antiherba. Se ben na terceira colleita os niveis foron máis baixos, variando dos  $0,24 \pm 0,02$  mg/g das bancadas acolchadas con polietileno de 700 galgas aos 0,58 mg/g acadados nas bancadas cubertas con malla plástica antiherba. Se observamos o comportamento dos tratamentos nos tres anos de cultivo, de forma xeral, os niveis máis baixos de caftárico en talos atópanse nas plantas que se

desenvolveron nas bancadas de polietileno de 700 galgas e os niveis máis altos nas bancadas acolchadas con malla plástica antiherba (Figura 138).

Na literatura, ao contrario que sucede con flores e follas, as concentracións de caftárico en talos non se atopan tan alonxadas dos valores obtidos nesta tese. Romero *et al.* (2014) acadan uns valores de 0,27, 1,02 e 1,13 mg/g no primeiro, segundo e terceiro ano de cultivo nas parcelas cubertas con polietileno negro. Liu *et al.* (2007) rexistra unha variación de  $0,6 \pm 0,4$  a  $0,9 \pm 0,2$  mg/g en plantas de un ano de cultivo e Samo Kreft (2005) obtén un rango de variación que vai dos 0,23 mg/g aos 9,19 mg/g, presentando un valor medio de 2,93 mg/g cun erro estándar de 2,01 mg/g.

Continuando cos datos de concentracións de caftárico en talos, na Figura 138 observamos como nos tres anos de cultivo os contidos das plantas nas bancadas cubertas con malla plástica antiherba son similares aos acadados nas bancadas nas que se realizou a escarda. Estes resultados parecen indicar que puido existir algunha relación negativa entre o contido de caftárico en talos e a utilización de láminas contínuas de acolchados plásticos de polietileno, aínda que a literatura non recolle este feito (Romero *et al.*, 2014).

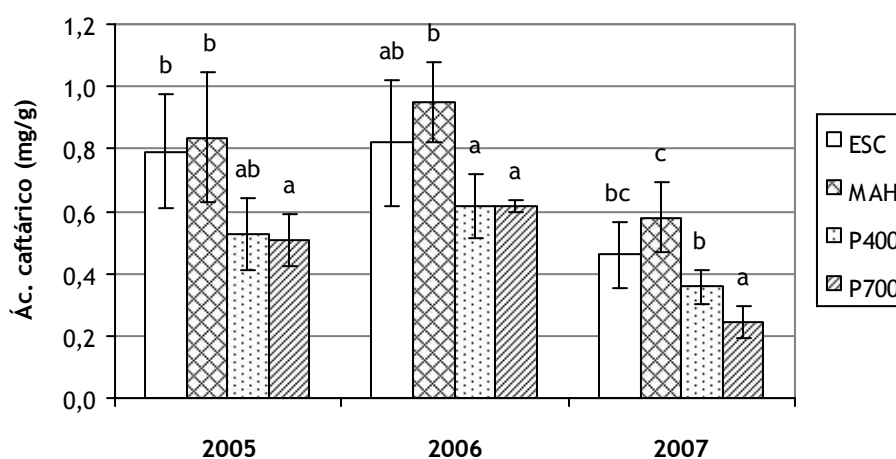


Figura 137. Contido de ácido caftárico (mg/g) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Con respecto á evolución do caftárico en talos ao longo dos tres anos de permanencia das plantas en campo, observamos como nos tratamentos de escarda e de polietileno de 700 galgas, o contido máis baixo de caftárico acádase no terceiro ano de cultivo e os contidos máis altos nos dous primeiros anos. No caso da malla e do polietileno de 400 galgas, isto non está tan claro, xa que o contido de caftárico acadado no primeiro ano de cultivo non presenta diferenzas significativas entre os contidos atopados nos dous anos seguintes, polo que parece que na escarda e no polietileno de 700 galgas teremos máis posibilidades de acadar eses niveis máis altos no primeiro e segundo ano, que no resto de tratamentos. Esta tendencia non se corresponde cos resultados de Romero *et al.* (2014), onde os valores máis altos (nas parcelas acolchadas con polietileno negro) alcanzáronse no terceiro ano de cultivo, con valores similares no segundo e significativamente máis baixos no primeiro.

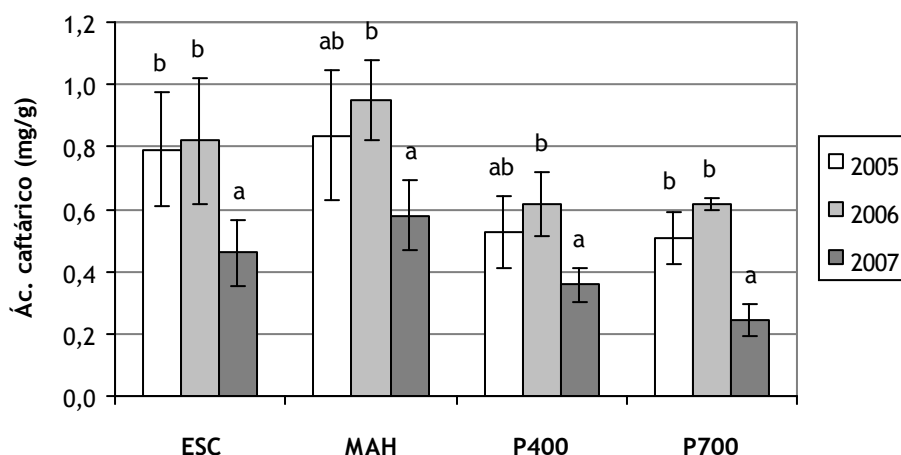


Figura 138. Contido de ácido caftárico (mg/g) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

#### 4.3.3.2. Parte subterránea

O contido de ácido caftárico en raíces de *E. purpurea* é similar ao atopado nos talos de segundo ano de cultivo, con valores medios do conxunto de tratamentos de 0,88 mg/g e 0,74 mg/g no segundo e terceiro ano de cultivo (primeiro e segundo ano de colleita de raíces), respectivamente.

No segundo ano de cultivo os contidos máis baixos de caftárico de  $0,77 \pm 0,01$  mg/g en raíces acadáronse nas plantas das bancadas nas que se realizou o tratamento de escarda e os contidos máis altos, con valores de  $1,0 \pm 0,1$  mg/g, nas bancadas acolchadas con polietilenos negros de 700 galgas, atopando diferenzas significativas entre os tratamentos de escarda e acolchado con polietileno de 700 galgas e sin que os tratamentos de malla e polietileno de 400 galgas presentes diferenzas entre tratamentos (Figura 139).

No terceiro ano de cultivo os contidos de caftárico en raíces seguen a mesma tendencia do ano anterior, os valores máis baixos de  $0,63 \pm 0,09$  mg/g danse nas bancadas onde se realizaron as labores de escarda e os máis altos de  $0,86 \pm 0,01$  mg/g danse nas bancadas acolchadas con polietileno de 700 galgas. Este ano o contido de caftárico en raíces do tratamento de escarda presenta diferenzas significativas co tratamento de polietileno de 700 galgas, como no ano anterior, pero a maiores tamén presenta diferenzas co de malla antiherba. No caso do tratamento de polietileno de 400 galgas, só presenta diferenzas significativas co tratamento de 700 galgas (Figura 139).

Cando revisamos a literatura, obsérvase como as concentracións acadadas por Romero *et al.* (2014), para o segundo ( $0,68 \pm 0,02$  mg/g) e terceiro ( $0,54 \pm 0,03$  mg/g) ano de cultivo, están próximas, aínda que son menores, ás rexistradas nesta tese, ademais os nosos resultados tamén están próximos ao rango de  $1,0 \pm 0,4$  mg/g a  $1,8 \pm 0,3$  mg/g rexistrado por Liu *et al.* (2007), aínda que lonxe das concentracións de  $2,4 \pm 0,2$  mg/g obtidos por Wu *et al.* (2007) en raíces naturais (non procedentes do cultivo *in vitro*) e dos  $3,97 \pm 0,14$  mg/g e os  $3,82 \pm 0,11$  mg/g alcanzados en raíces de tres anos de idade cultivadas en Italia (Pellati *et al.*, 2004; Pellati *et al.*, 2005).

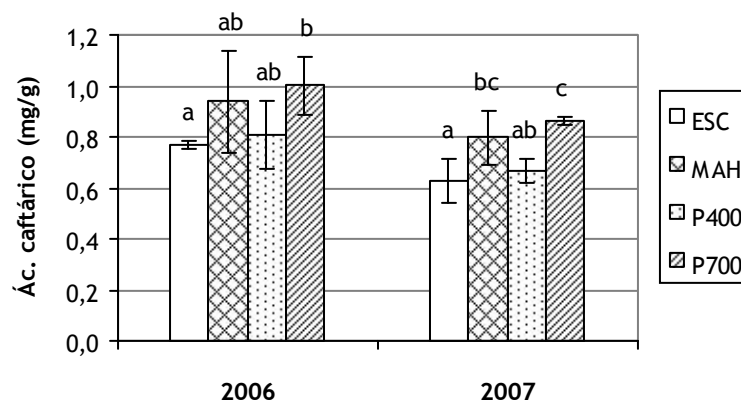


Figura 139. Contido de ácido caftárico (mg/kg) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

En canto á evolución do ácido caftárico ao longo dos dous anos de colleita de raíces, na Figura 140 pódese observar como os tratamentos de malla antiherba e de polietileno de 400 galgas non presentan diferenzas significativas entre os dous anos de cultivo, mentres que os tratamentos de escarda e de polietileno de 700 galgas mostran diferenzas entre anos, presentando os contidos máis altos no segundo ano de cultivo, primeiro ano de colleita de raíces. Os resultados presentes na literatura por Romero *et al.* (2014) parecen coincidir nesta tendencia presentando concentracións máis elevadas de caftárico en raíces no segundo ano de cultivo con respecto ao terceiro ano.

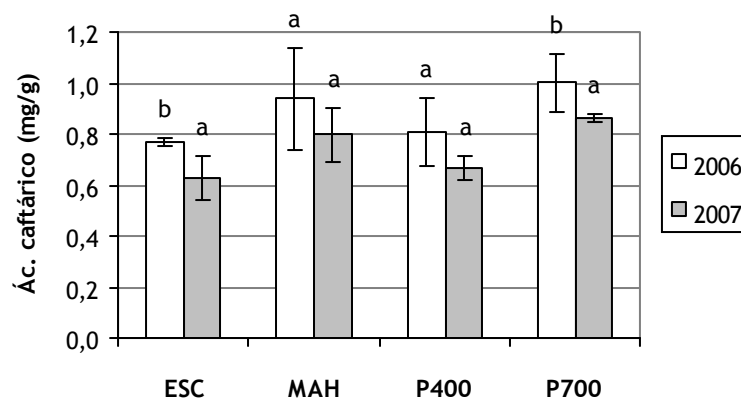


Figura 140. Contido de ácido caftárico (mg/g) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

#### 4.3.4. Ácido cloroxénico

##### 4.3.4.1. Parte aérea

Ao contrario da tendencia dos demais derivados do ácido caféico e do sinalado na literatura (Bauer e Wagner, 1991; Bauer, 1999a), o ácido cloroxénico presenta os seus máximos contidos nos talos, tal e como podemos ver nas figuras 141, 142 e 143 onde se presentan os niveis de cloroxénico nas distintas partes do conxunto aéreo, para cada un dos tratamentos de control de flora arvense, ao longo dos tres anos do cultivo de *E. purpurea*.

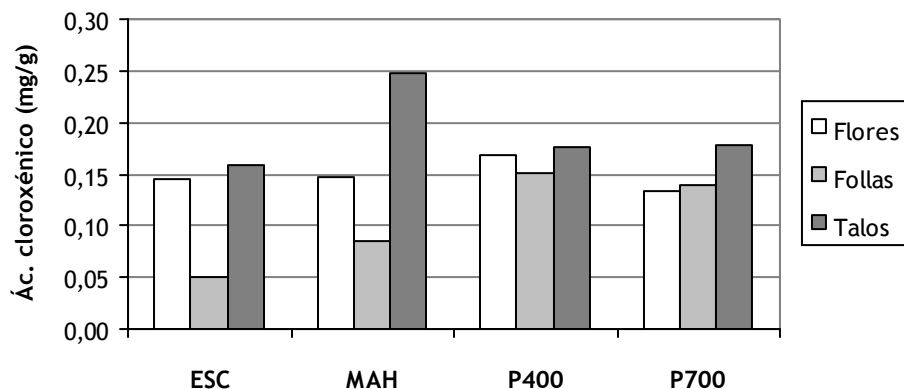


Figura 141 Contido de ácido cloroxénico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 1º ano de cultivo (2005).

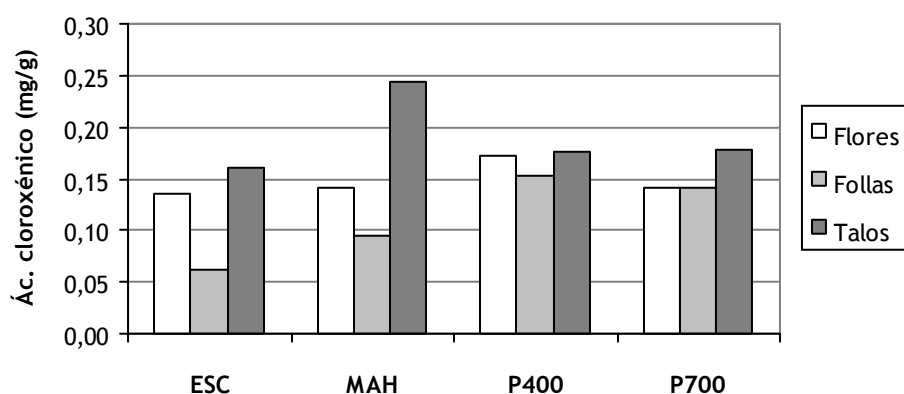


Figura 142. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 2º ano de cultivo (2006).

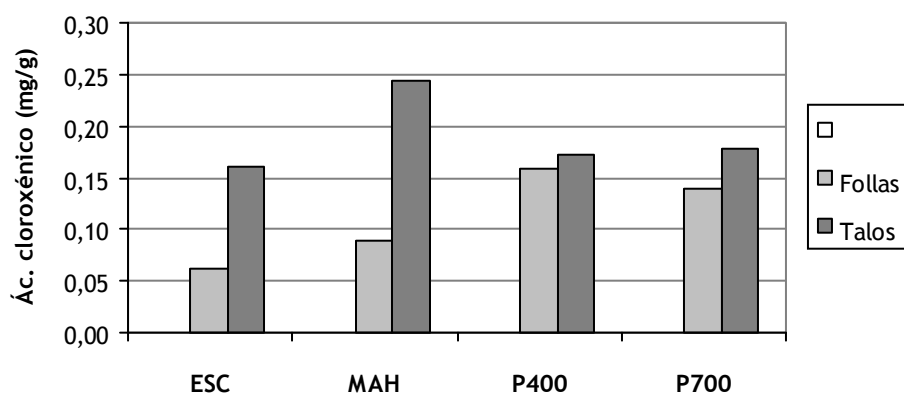


Figura 143. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de *E. purpurea* no 3º ano de cultivo (2007).

Centrándonos nos contidos das flores no primeiro ano de cultivo, estes variaron dos  $0,13 \pm 0,01$  mg/g nas plantas que creceron nas bancadas cubertas con polietileno de 700 galgas aos  $0,17 \pm 0,01$  mg/g nas bancadas con polietileno negro de 400 galgas, atopando diferenzas significativas entre os dous acolchados

plásticos de polietileno negro. No segundo ano de cultivo os contidos de cloroxénico máis elevados, con valores de  $0,17 \pm 0$  mg/g acádanse, igual que no ano anterior, nas bancadas acolchadas co polietileno de 400 galgas, pero neste ano son todos os tratamentos os que presentan diferenzas significativas co polietileno de 400 galgas (Figura 144).

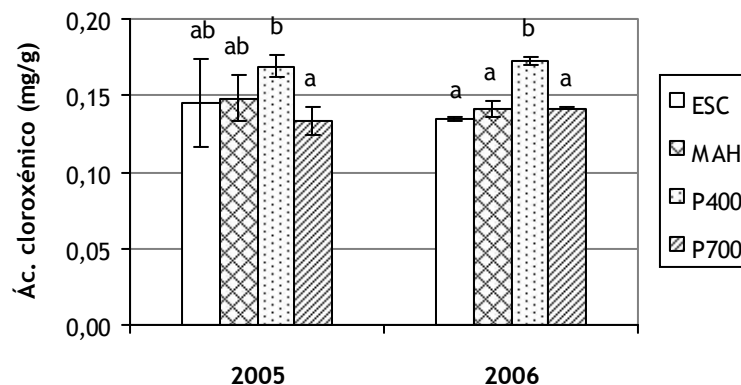


Figura 144. Contido de ácido cloroxénico (mg/kg) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Nos resultados obtidos por Letchamo *et al.* (1999) móstrase que o contido de ácido cloroxénico é máximo nas flores ao principio do seu desenvolvemento (0,6 mg/g) e moito máis baixo no momento de máximo desenvolvemento da flor, con valores de 0,20 mg/g, que son valores próximos aos obtidos nesta tese, pois a flor recolleuse cando estaba plenamente formada.

Os resultados acadados por Letchamo *et al.* (1999) non se corresponden cos resultados obtidos por Chen *et al.* (2008) nos que o contido de cloroxénico crece lixeiramente da primavera ao outono, nas flores recollidas durante o segundo ano de cultivo, ademais os contidos de cloroxénico alcanzan os  $5,92 \pm 0,26$  mg/g en flores recollidas en outono do primeiro ano de cultivo e varían entre  $4,91 \pm 0,27$  e  $5,50 \pm 0,30$  mg/g no segundo ano de cultivo, uns niveis moi superiores aos acadados nesta tese debidos, case con total seguridade, a traballos previos de selección de material vexetal en China.

En canto á evolución do contido de ácido cloroxénico nas flores ao longo dos tres anos de cultivo de *E. purpurea*, na Figura 145 podemos observar como tódolos tratamentos seguen a mesma tendencia, sen presentar diferenzas significativas entre anos.

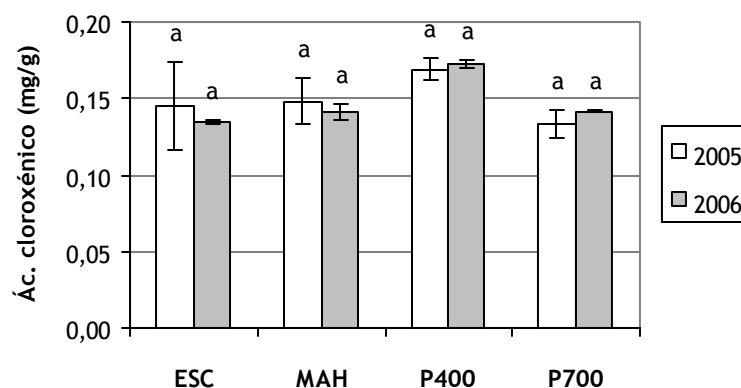


Figura 145. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en flores de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.



Nas follas os valores máis baixos do primeiro ano de cultivo déronse nas parcelas con tratamento de escarda ( $0,05 \pm 0,01$  mg/g) e os máis altos nas parcelas cubertas con polietileno de 400 galgas ( $0,12 \pm 0,02$  mg/g), sen presentar diferenzas significativas entre os tratamentos de polietileno de 400 e 700 galgas, pero si entre o resto de tratamentos. No segundo e terceiro ano de cultivo o acolchado de 400 galgas segue a ser o tratamento que acadou o nivel máis alto de cloroxénico en follas, con valores de  $0,15 \pm 0,03$  mg/g e de  $0,16 \pm 0,02$  mg/g, respectivamente e aínda que os distintos polietilenos seguen sen mostrar diferenzas significativas, nestes dous anos a escarda e a malla non mostran a diferenciación do primeiro ano de cultivo.

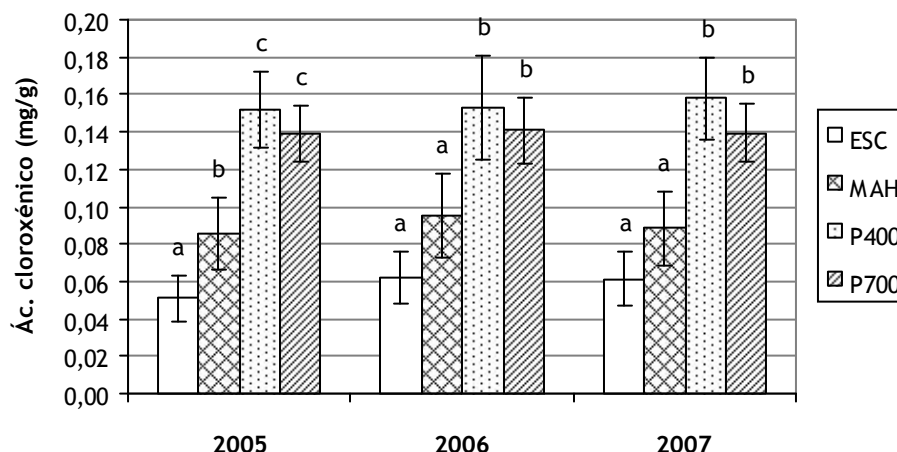


Figura 146. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Cando comparamos os  $0,11-0,18 (\pm 0,02)$  mg/g atopados por Chen *et al.* (2008) en follas de plantas con dous anos de permanencia en campo, cultivadas en camas elevadas acolchadas con polietileno negro-prata, cos  $0,14-0,16 (\pm 0,02)$  mg/g acadados neste estudo (ao longo dos tres anos de cultivo) nas bancadas acolchadas cos polietilenos de 400 e 700 galgas, vemos como en ambos estudos alcázanse concentracións similares, o que parece indicar que a concentración de cloroxénico en follas de *E. purpurea* vese favorecida pola utilización de láminas continuas e opacas de polietileno.

No que respecta á evolución do ácido cloroxénico en follas ao longo do cultivo de *E. purpurea*, igual que acontece nas flores, non aparecen diferenzas significativas entre anos para ningún dos tratamentos de control de adventicias.

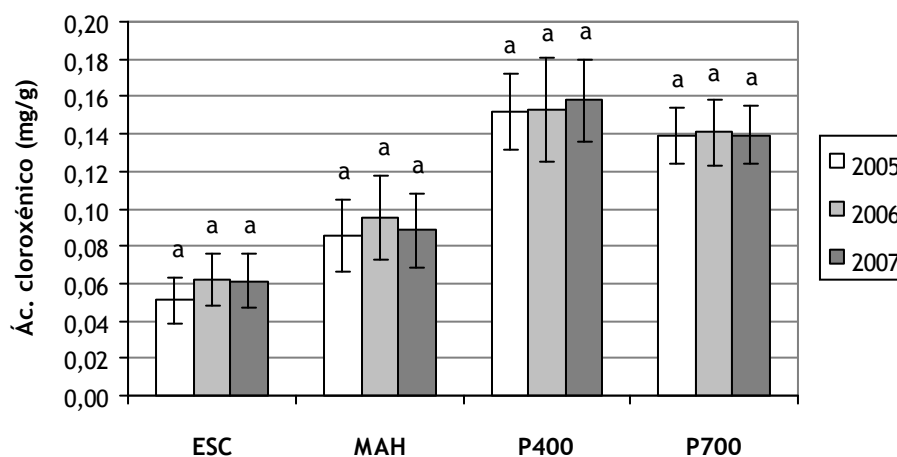


Figura 147 Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en follas de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

En canto ao contido de ácido cloroxénico nos talos no primeiro ano de cultivo, este varía de  $0,16 \pm 0,04$  mg/g nas bancadas nas que se realizaron escardas mensuais e os  $0,25 \pm 0,04$  mg/g nas bancadas cubertas con malla antiherba perforada, aparecendo diferenzas significativas entre ambos tratamentos. No segundo e terceiro ano de cultivo isto repítese, atopando os valores máis baixos nas bancadas con tratamento de escarda ( $0,16 \pm 0,04$  mg/g nestes dous anos de cultivo) e os máis altos nas bancadas acolchadas co polietileno de 400 galgas, con valores medios de  $0,24 \pm 0,03$  mg/g acadados en ámbolos dous anos.

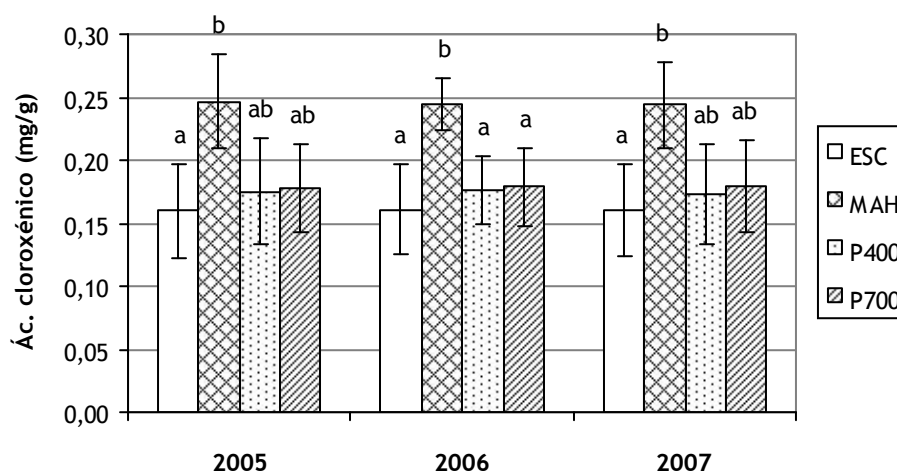


Figura 148. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Ao longo do cultivo de *E. purpurea* o contido de ácido cloroxénico en talos presenta uns valores case idénticos para cada tratamento de control de arvenses, o que parece indicar que os contidos deste ácido caféico en talos permanecen constantes ao longo dos anos de cultivo independentemente do método de control de arvenses utilizado.

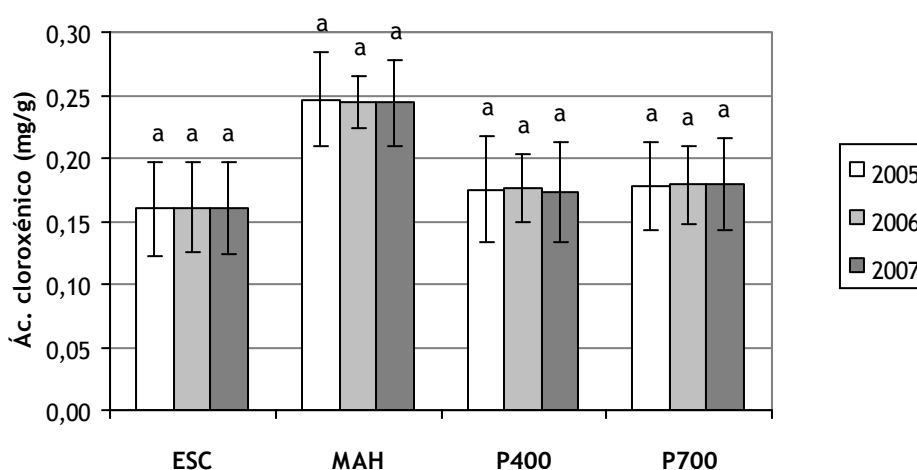


Figura 149. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en talos de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

Unha vez mostrados tódolos resultados de contidos de ácido cloroxénico nas diferentes fraccións da parte aérea, advertimos que tal e como recollen Harborne e Williams (2004) o ácido cloroxénico é un compoñente menor dentro dos ácidos fenólicos que se poden atopar en *E. purpurea*.

#### 4.3.4.2. Parte subterránea

O contido de ácido cloroxénico acadado nas raíces é superior ao acadado no conxunto da parte aérea. No segundo ano de cultivo (primeiro ano de colleita de raíces) os contidos de cloroxénico foron dos  $0,49 \pm 0,10$  mg/g alcanzados nas plantas das bancadas nas que se realizou a escarda manual aos  $0,83 \pm 0,02$  mg/g alcanzados nas bancadas de polietileno negro de 700 galgas. No terceiro ano de cultivo esta tendencia repítese, rexistrando os contidos máis baixos nas bancadas con tratamento de escarda e os máis altos nas bancadas acolchadas con polietileno negro de 700 galgas, con contidos de  $0,30 \pm 0,01$  mg/g e  $0,64 \pm 0,09$  mg/g, respectivamente. No que atinxe ás diferenzas significativas entre tratamentos, estas repítese nos dous anos avaliados, aparecendo diferenzas entre as parcelas de escarda e malla con respecto ás parcelas acolchadas cos polietilenos negros de 400 e 700 galgas.

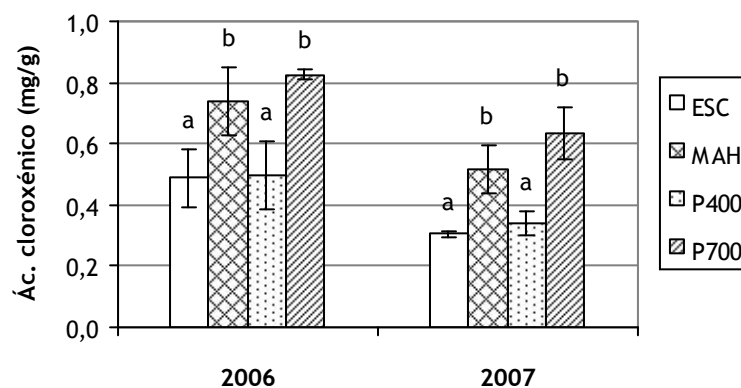


Figura 150. Contido de ácido cloroxénico (mg/kg) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$ .

Ao contrario do que sucede nos diferentes órganos da parte aérea, cando se observa a evolución do contido de cloroxénico en raíces nos dous anos de colleita (Figura 151), vemos como no segundo ano de cultivo (primeiro ano de colleita de raíces) o contido de cloroxénico é significativamente maior que o acadado no terceiro ano de cultivo (segundo ano de colleita de raíces). Esta diminución de cloroxénico nas raíces de terceiro ano pode ser debida, en parte, ao momento de recollida das raíces (estado fenolóxico de elongamento do talo foliar) que non se corresponde co período de senescencia no que se recolleron as raíces no segundo ano de cultivo.

Na literatura apenas atopamos estudos que analicen contidos de ácido cloroxénico en raíces e os que atopamos, como é o caso de Pellati *et al.* (2004 e 2005) están por debaixo do límite de cuantificación calculado polos autores ou, aínda que o HPLC detecta a presenza do cloroxénico non é capaz de asignar ningún valor (Laasonen *et al.*, 2002).

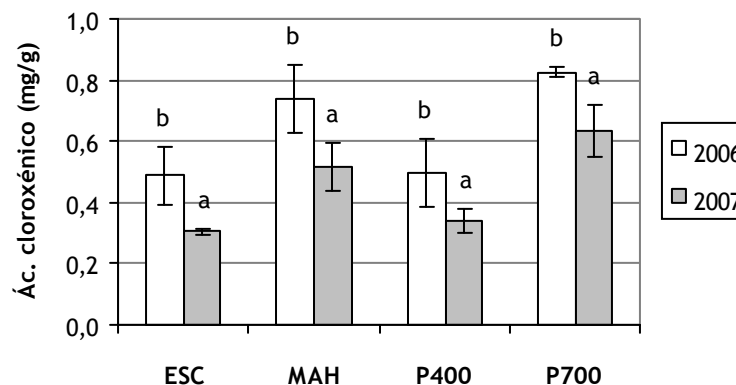


Figura 151 Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en raíces de *E. purpurea* dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para  $p < 0,05$  en cada tratamento.

Os resultados dos principios activos acadados ao longo dos tres anos de cultivo de *E. purpurea* foron os seguintes:

- As maiores concentracións de alquilamidas acadáronse nas raíces e dentro do conxunto aéreo nas flores. No que respecta aos tratamentos de control de arvenses, as máximas concentracións acadáronse: nas bancadas acolchadas (malla e polietilenos) nas flores, nas bancadas acolchadas cos polietilenos (P400 e P700) nas follas e nos polietilenos (P400 e P700) nos talos e raíces.
- No que concirne ao ácido caftárico, as maiores concentracións da planta obtivéronse nas flores coas concentracións das raíces moi próximas. En relación aos tratamentos de control de arvenses, os contidos máis altos de caftárico acadáronse: nos polietilenos (400 e 700 galgas) no segundo e terceiro ano de cultivo en follas e nas bancadas acolchadas (malla e polietilenos) en raíces. As concentracións en flores, talos e nas follas do primeiro ano de cultivo non presentaron diferenzas significativas entre tratamentos.
- Cando se observan os rexistros do ácido caftárico, as maiores concentracións da planta acadáronse nas flores e no que respecta aos tratamentos de control de arvenses, as máximas concentracións obtivéronse: na malla antiherba e no polietieno de 400 galgas nas flores do segundo ano de cultivo, na escarda e na malla en talos, nas bancadas acolchadas (malla e polietilenos) en raíces do segundo ano de cultivo e nas bancadas de polietileno de 700 galgas e malla en raíces do terceiro ano. As concentracións en flores de primeiro ano e en follas non presentan diferenzas significativas entre tratamentos.
- E por último, as máximas concentracións de ácido cloroxénico da planta acadáronse nas raíces e dentro do conxunto aéreo nos talos. En canto aos tratamentos de control de arvenses, as concentracións máximas de cloroxénico acadáronse: no polietileno de 400 galgas nas flores, nos polietilenos (400 e 700 galgas) nas follas e nas bancadas acolchadas (malla e polietilenos) nos talos e nas raíces do segundo ano de cultivo, mentres que nas raíces do terceiro ano de cultivo os contidos máis altos de cloroxénico acadáronse no polietileno de 700 galgas e na malla.

Sinalar que as flores presentan as concentracións máis elevadas dos ácidos caftárico e achicórico e as raíces as de alquilamidas e ácido cloroxénico. Do mesmo xeito podemos concluír que os acolchados plásticos parecen favorecer a presenza dos principios activos, a excepción do ácido caftárico en talos que se atopou en maior concentración nas plantas desenvolvidas nas bancadas con tratamento de escarda, ademais de nas bancadas acolchadas con malla antiherba.

É importante sinalar tamén que só as partes aéreas floridas, recollidas ao longo dos tres anos de cultivo da equinácea, cumpren cos estándares que fixa a Farmacopea Oficial Europea (European Pharmacopoeia, 2nd Edition). Dentro desta farmacopea, composta por máis de 2.000 monografías,

atopamos unha monografía específica para a parte aérea de *E. purpurea*, *Echinacea purpurea* herba, na que se indica que as partes aéreas floridas enteiras ou cortadas e desecadas de *E. purpurea*, deben conter polo menos un 0,1 % de ácido caftárico, calculado respecto á droga seca.

Os niveis dos principios activos indicados na monografía dedicada ás partes enterradas da *E. purpurea* (*Echinacea purpurea* radix) que a farmacopea define como os órganos subterráneos enteiros ou cortados e desecados, deben conter polo menos 0,5 % de caftárico, 0,5 % de alquilamidas e 0,6 % de derivados do ácido cafeico. As concentracións medias do conxunto de tratamentos rexistradas nesta tese foron de: 0,05 e 0,01 % de alquilamidas, 0,09 e 0,07 % de ácido caftárico e 0,37 e 0,28 % de derivados do ácido cafeico (concentracións acadadas no segundo e no terceiro ano de cultivo para todos os principios activos), polo que non cumpren ningún dos parámetros sinalados pola farmacopea para o conxunto da parte subterránea.

#### 4.4. RELACIÓN ENTRE OS DISTINTOS PRINCIPIOS ACTIVOS NAS DIFERENTES PARTES DE *ECHINACEA PURPUREA*

##### 4.4.1. Partes aéreas

As investigacións analíticas móstrannos que o contido de fitoquímicos dependen de multitude de factores como: a parte da planta utilizada, tal e como acabamos de comprobar, da localización e das prácticas culturais (Stuart e Wills, 2000a; Dou *et al.*, 2001; Aiello *et al.*, 2002a e 2002b; Berti *et al.*, 2002; Loaiza *et al.*, 2004; Perry *et al.*, 2004; Callan *et al.*, 2005; Seemannová *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2008; Romero *et al.* 2014), dos estádios de desenvolvemento da planta (Stuart e Wills, 2000a; Seidler-Lozykowska e Dabrowska, 2003; Perry *et al.*, 2004; Callan *et al.*, 2005; Thomsen *et al.*, 2012), así como, das diferenzas xenéticas nas poboacións (Binns *et al.*, 2002a). O que non atopamos na literatura son as relacións entre os distintos compostos de uso medicinal en cada unha das partes aéreas analizadas. Qu *et al.* (2005b) buscaron relacións de principios activos entre as raíces e a parte aérea de plantas de *E. purpurea* e atoparon correlacións negativas entre raíces e unha mestura de 1/2 de cabezuelas florais, 1/4 de follas e 1/4 de talos, para ácido achicórico, e unha correlación positiva entre a concentración total de alquilamidas en raíces e a concentración de ácido achicórico na mestura de flores, follas e talos.

Por todo o dito anteriormente e co fin de avaliar a influencia dos principios activos nas diferentes partes de *E. purpurea*, realizáronse correlacións para as diferentes partes das plantas, entre os distintos principios activos presentes nelas, nos dous primeiros anos de cultivo para as partes aéreas (2005 e 2006) e nos dous últimos anos de cultivo para as partes subterráneas (2006 e 2007).

Para realizar a análise de correlacións entre os distintos caracteres do perfil fitoquímico das plantas, utilizouse o programa SPSS 15.0, concretamente, a correlación de Pearson, na que obtemos correlacións significativas ao nivel 0,01 (bilateral) e ao nivel 0,05 (bilateral).

Sinalar que as correlacións realizáronse para o conxunto de datos utilizando as medias dos catro tratamentos (escarda, malla antiherba e os dous polietilenos de 400 e de 700 galgas) con tres réplicas analíticas por cada tratamento.

Nas flores obtivéronse correlacións positivas significativas ao nivel 0,01, só no primeiro ano de cultivo, do ácido caftárico con respecto ao ácido achicórico, así como, con respecto ao ácido cloroxénico (Táboa 17).

Na Táboa 17 obsérvase que a medida que aumenta o contido de ácido caftárico nas flores, aumentan as cantidades dos ácidos achicórico e cloroxénico na mesma parte da planta. Si ben é certo, isto non se repite no segundo ano de cultivo, onde non obtivemos correlacións entre ningún dos principios activos.

No caso das follas, tal e como se observa nas Táboas 18 e 19, obtivéronse correlacións positivas significativas en alquilamidas nos dous anos de cultivo avaliados. No primeiro ano, ao nivel 0,05, no caso das alquilamidas e do ácido achicórico e no segundo ano, tamén ao nivel 0,05, en alquilamidas con respecto aos ácidos caftárico e achicórico e ao nivel 0,01 no caso das alquilamidas e o ácido cloroxénico, quedando patente que a medida que aumenta o contido de alquilamidas aumenta o contido de ácido caftárico, achicórico e cloroxénico nas follas.



En relación aos talos, atopáronse correlacións negativas significativas, ao nivel 0,05 no primeiro ano de cultivo (Táboa 20) e ao nivel 0,01 no segundo ano (Táboa 21), das alquilamidas con respecto ao ácido caftárico. Estes resultados indican que o contido de alquilamidas nos talos descende ao aumentar o contido de ácido caftárico e viceversa.

Táboa 17. Correlacións dos principios activos nas flores de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas           | Ácido caftárico                      | Ácido achicórico     | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -                      | -                                    | -                    | -                 |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,235<br>0,462<br>12   | -                                    | -                    | -                 |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,272<br>0,393<br>12   | <b>0,709**</b><br><b>0,010</b><br>12 | -                    | -                 |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | - 0,021<br>0,949<br>12 | <b>0,745**</b><br><b>0,005</b><br>12 | 0,556<br>0,061<br>12 | -                 |

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral)

Táboa 18. Correlacións dos principios activos nas follas de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas                       | Ácido caftárico      | Ácido achicórico       | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -                                  | -                    | -                      | -                 |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,306<br>0,333<br>12               | -                    | -                      | -                 |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>0,617*</b><br><b>0,33</b><br>12 | 0,330<br>0,295<br>12 | -                      | -                 |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,427<br>0,166<br>12               | 0,132<br>0,683<br>12 | - 0,128<br>0,691<br>12 | -                 |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).



Táboa 19. Correlacións dos principios activos nas follas de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas                                | Ácido caftárico      | Ácido achicórico     | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -                                           | -                    | -                    | -                 |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>0,621*</b><br><b>0,031</b><br><b>12</b>  | -                    | -                    | -                 |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>0,701*</b><br><b>0,11</b><br><b>12</b>   | 0,414<br>0,181<br>12 | -                    | -                 |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>0,875**</b><br><b>0,000</b><br><b>12</b> | 0,471<br>0,122<br>12 | 0,429<br>0,164<br>12 | -                 |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 20. Correlacións dos principios activos nos talos de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas                                 | Ácido caftárico      | Ácido achicórico       | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -                                            | -                    | -                      | -                 |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>- 0,703*</b><br><b>0,011</b><br><b>12</b> | -                    | -                      | -                 |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,130<br>0,688<br>12                         | 0,034<br>0,917<br>12 | -                      | -                 |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | - 0,136<br>0,674<br>12                       | 0,487<br>0,108<br>12 | - 0,463<br>0,129<br>12 | -                 |

\*A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

Táboa 21. Correlacións dos principios activos nos talos de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas                                  | Ácido caftárico      | Ácido achicórico     | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -                                             | -                    | -                    | -                 |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>- 0,734**</b><br><b>0,007</b><br><b>12</b> |                      |                      | -                 |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | - 0,016<br>0,961<br>12                        | 0,212<br>0,509<br>12 |                      | -                 |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | - 0,083<br>0,797<br>12                        | 0,425<br>0,168<br>12 | 0,157<br>0,627<br>12 | -                 |

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

#### 4.4.2. Parte subterránea

No que respecta ás raíces, tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo, atopamos unha correlación positiva significativa entre os ácidos caftárico e cloroxénico ao nivel 0,01 (Táboas 22 e 23). A maiores, no segundo ano de cultivo acádanse correlacións positivas significativas das alquilamidas e o ácido caftárico (ao nivel 0,05) e achicórico (ao nivel 0,01), o que indica que nas raíces recollidas no terceiro ano de cultivo ao aumentar as alquilamidas aumentan os ácidos caftárico e achicórico.

Para concluír o apartado de relacións dos principios activos nas diferentes partes de *E. purpurea*, é importante sinalar aquelas correlacións que se repiten nos dous anos de cultivo avaliados (2005 e 2006 para as partes aéreas e 2006 e 2007 para as partes subterráneas). Por un lado, temos correlacións positivas significativas entre alquilamidas e o ácido achicórico en follas e entre os ácidos caftárico e cloroxénico en raíces e por outro lado, obtivemos correlacións negativas significativas entre as alquilamidas e o ácido caftárico en talos. Estes resultados mostran unhas tendencias que poderían ser constatadas nun futuro pero serían precisos máis ensaios e comparativas.

Táboa 22. Correlacións dos principios activos nas raíces de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas           | Ácido caftárico                      | Ácido achicórico     | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -<br>-<br>-            | -<br>-<br>-                          | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-       |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | - 0,074<br>0,819<br>12 | -<br>-<br>-                          | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-       |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,241<br>0,451<br>12   | 0,229<br>0,475<br>12                 | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-       |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | - 0,151<br>0,640<br>12 | <b>0,780**</b><br><b>0,003</b><br>12 | 0,137<br>0,670<br>12 | -<br>-<br>-       |

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 23. Correlacións dos principios activos nas raíces de *E. purpurea* no terceiro ano de cultivo (2007).

| Principios activos (mg/kg) | Correlacións                                    | Alquilamidas                         | Ácido caftárico                      | Ácido achicórico     | Ácido cloroxénico |
|----------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------|
| Alquilamidas               | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | -<br>-<br>-                          | -<br>-<br>-                          | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-       |
| Ác. caftárico              | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>0,664*</b><br><b>0,018</b><br>12  | -<br>-<br>-                          | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-       |
| Ác. achicórico             | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | <b>0,728**</b><br><b>0,007</b><br>12 | 0,460<br>0,132<br>12                 | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-       |
| Ác. cloroxénico            | Correlación de Pearson<br>Sig. (bilateral)<br>N | 0,527<br>0,079<br>12                 | <b>0,757**</b><br><b>0,004</b><br>12 | 0,217<br>0,499<br>12 | -<br>-<br>-       |

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

#### 4.4.3. Partes aéreas e parte subterránea

Cando buscamos a existencia de relacións dos principios activos avaliados entre as partes aéreas e a parte subterránea de *E. purpurea*, só atopamos correlacións significativas en alquilamidas e ácido achicórico, todas elas positivas (ao nivel 0,01). No caso das alquilamidas, nos dous anos de cultivo avaliados (2006 e 2007), ao aumentar a concentración de alquilamidas nas raíces, estas aumentan en follas e talos (Táboa 24). En canto ao ácido achicórico, só atopamos correlacións significativas no segundo ano de cultivo e estas correlacións mostran que ao aumentar a concentración de ácido achicórico en raíces aumentan en follas (Táboa 25).

Táboa 24. Correlacións das alquilamidas entre a parte subterránea e as partes aéreas de *E. purpurea* no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007).

| Alquilamidas (mg/kg) | Correlacións           | Raíces | Flores | Follas         | Talos          |
|----------------------|------------------------|--------|--------|----------------|----------------|
| Raíces 2006          | Correlación de Pearson |        | 0,227  | <b>0,857**</b> | <b>0,807**</b> |
|                      | Sig. (bilateral)       | -      | 0,477  | <b>0,000</b>   | <b>0,001</b>   |
|                      | N                      |        | 12     | 12             | 12             |
| Raíces 2007          | Correlación de Pearson |        |        | <b>0,864**</b> | <b>0,740**</b> |
|                      | Sig. (bilateral)       | -      | -      | <b>0,000</b>   | <b>0,006</b>   |
|                      | N                      |        |        | 12             | 12             |

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 25. Correlacións do ácido achicórico entre a parte subterránea e as partes aéreas de *E. purpurea* no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007).

| Ácido achicórico (mg/kg) | Correlacións           | Raíces | Flores  | Follas         | Talos   |
|--------------------------|------------------------|--------|---------|----------------|---------|
| Raíces 2006              | Correlación de Pearson |        | - 0,148 | 0,351          | - 0,427 |
|                          | Sig. (bilateral)       | -      | 0,645   | 0,263          | 0,166   |
|                          | N                      |        | 12      | 12             | 12      |
| Raíces 2007              | Correlación de Pearson |        |         | <b>0,839**</b> | - 0,267 |
|                          | Sig. (bilateral)       | -      | -       | <b>0,001</b>   | 0,401   |
|                          | N                      |        |         | 12             | 12      |

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

#### 4.5. RELACIÓN ENTRE OS DISTINTOS PRINCIPIOS ACTIVOS E A COMPOSICIÓN MINERAL NAS DIFERENTES PARTES AÉREAS DE *ECHINACEA PURPUREA*

Para comprobar as posibles relacións de alquilamidas e dos ácidos: achicórico, caftárico e cloroxénico coa composición mineral, para cada unha das partes aéreas da equinácea, utilizouse a correlación de Pearson (programa SPSS 15.0), na que obtemos niveis de significación de 0,01 e 0,05 (bilaterais).

As correlacións realizáronse, igual que no caso das correlacións entre os distintos principios activos, para o conxunto de datos, utilizando as medias dos catro tratamentos (escarda, malla anti-herba e os dous polietilenos de 400 e 700 galgas) coas tres réplicas para cada tratamento.

No caso das alquilamidas, no primeiro ano de cultivo, repítense as correlacións negativas significativas, ao nivel 0,05, con respecto ao N en flores, follas e talos (Táboa 26). As únicas correlacións significativas das alquilamidas con respecto aos compoñentes minerais que se repiten nos dous anos avaliados son: as positivas, ao nivel 0,01 con respecto ao C en talos e as negativas, ao nivel 0,05, con respecto ao Na en follas (Táboa 27).

En relación aos compostos derivados do ácido caféico, só obtivemos correlacións entre o ácido achicórico e os contidos dos constituintes minerais no segundo ano de cultivo (Táboa 28). Atopáronse correlacións negativas en flores con respecto ao Mg e nas follas con respecto ao Na e Ca, mentres que o K mostrou correlacións positivas en follas ao nivel 0,05.

En flores, no primeiro ano de cultivo, atopamos correlacións positivas, ao nivel de 0,05, en ácido caftárico en relación ao contido de C (%), e en talos con respecto ao K e ao Ca, con niveis de significación de 0,05 e 0,01, respectivamente (Táboa 29). Tamén atopáronse correlacións negativas, en talos, á nivel de significación 0,05 con respecto ao porcentaxe de C. No segundo ano de cultivo non se repiten ningunha das correlacións anteriores, aparecendo correlacións positivas significativas, ao nivel 0,05, en flores con respecto a K e nos talos con respecto ao Fe (nivel 0,01) e negativas, ao nivel 0,01, nos talos con respecto ao Zn (Táboa 30).

As correlacións no caso do ácido cloroxénico son positivas, á nivel de significación de 0,05, en flores con respecto ao Zn, e negativas, co mesmo grao de significación en flores, con respecto ao Mo, e en follas, con respecto a N e Na (Táboa 31). Ningunha destas correlacións dase novamente nas mostras analizadas no segundo ano de cultivo, onde só se observan correlacións significativas en follas: positivas, ao nivel 0,05 con respecto ao K e negativas, ao nivel 0,01 e 0,05, con respecto a Ca e Fe, respectivamente (Táboa 32).

Os datos das correlacións deixan entrever a súa importancia, teríase que profundizar moito máis, pero parece que algúns destes parámetros poderían chegar a medir a influencia da fertilización na calidade da colleita, fundamentalmente no contido de principios activos. Como no estudo de relacións dos principios activos nas diferentes partes de *E. purpurea*, serían precisos máis ensaios e comparativas.

Táboa 26. Correlacións de alquilamidas e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

| Alquilamidas<br>(mg/kg) | Correlacións           | Flores        | Follas       | Talos          |
|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|----------------|
| C (%)                   | Correlación de Pearson | 0,507         | 0,488        | <b>0,729**</b> |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,092         | 0,107        | <b>0,007</b>   |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |
| N (%)                   | Correlación de Pearson | - 0,659*      | - 0,614*     | - 0,586*       |
|                         | Sig. (bilateral)       | <b>0,020</b>  | <b>0,034</b> | <b>0,045</b>   |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |
| P (%)                   | Correlación de Pearson | - 0,655*      | 0,118        | 0,114          |
|                         | Sig. (bilateral)       | <b>0,021</b>  | 0,714        | 0,725          |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |
| K (%)                   | Correlación de Pearson | - 0,91        | 0,551        | - 0,693*       |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,780         | 0,063        | <b>0,012</b>   |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |
| Na (%)                  | Correlación de Pearson | 0,174         | - 0,624*     | 0,280          |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,589         | <b>0,030</b> | 0,378          |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |
| Ca (%)                  | Correlación de Pearson | <b>0,636*</b> | - 0,355      | - 0,753**      |
|                         | Sig. (bilateral)       | <b>0,026</b>  | 0,258        | <b>0,005</b>   |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |
| Fe (mg/kg)              | Correlación de Pearson | - 0,412       | - 0,582*     | 0,155          |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,183         | <b>0,047</b> | 0,631          |
|                         | N                      | 12            | 12           | 12             |

\*A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

Táboa 27. Correlacións de alquilamidas e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Alquilamidas (mg/kg) | Correlacións           | Flores  | Follas           | Talos          |
|----------------------|------------------------|---------|------------------|----------------|
| C (%)                | Correlación de Pearson | - 0,083 | 0,385            | <b>0,812**</b> |
|                      | Sig. (bilateral)       | 0,797   | 0,217            | <b>0,001</b>   |
|                      | N                      | 12      | 12               | 12             |
| Na (%)               | Correlación de Pearson | 0,243   | - <b>0,585*</b>  | - 0,141        |
|                      | Sig. (bilateral)       | 0,446   | <b>0,046</b>     | 0,661          |
|                      | N                      | 12      | 12               | 12             |
| Ca (%)               | Correlación de Pearson | 0,123   | - <b>0,930**</b> | 0,036          |
|                      | Sig. (bilateral)       | 0,703   | <b>0,000</b>     | 0,911          |
|                      | N                      | 12      | 12               | 12             |
| Zn (mg/kg)           | Correlación de Pearson | - 0,034 | - 0,171          | <b>0,663*</b>  |
|                      | Sig. (bilateral)       | 0,916   | 0,595            | <b>0,019</b>   |
|                      | N                      | 12      | 12               | 12             |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 28. Correlacións do ácido achicórico e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Ác. caftárico (mg/kg) | Correlacións           | Flores          | Follas           | Talos   |
|-----------------------|------------------------|-----------------|------------------|---------|
| K (%)                 | Correlación de Pearson | 0,039           | <b>0,579*</b>    | - 0,010 |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,905           | <b>0,049</b>     | 0,974   |
|                       | N                      | 12              | 12               | 12      |
| Na (%)                | Correlación de Pearson | - 0,131         | - <b>0,811**</b> | - 0,411 |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,684           | <b>0,001</b>     | 0,184   |
|                       | N                      | 12              | 12               | 12      |
| Ca (%)                | Correlación de Pearson | - 0,075         | - <b>0,690*</b>  | 0,165   |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,818           | <b>0,013</b>     | 0,608   |
|                       | N                      | 12              | 12               | 12      |
| Mg (%)                | Correlación de Pearson | - <b>0,586*</b> | 0,067            | - 0,109 |
|                       | Sig. (bilateral)       | <b>0,045</b>    | 0,836            | 0,735   |
|                       | N                      | 12              | 12               | 12      |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 29. Correlacións do ácido caftárico e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

| Ác. caftárico (mg/kg) | Correlacións           | Flores        | Follas  | Talos           |
|-----------------------|------------------------|---------------|---------|-----------------|
| C (%)                 | Correlación de Pearson | <b>0,594*</b> | - 0,086 | - <b>0,659*</b> |
|                       | Sig. (bilateral)       | <b>0,042</b>  | 0,789   | <b>0,020</b>    |
|                       | N                      | 12            | 12      | 12              |
| K (%)                 | Correlación de Pearson | 0,237         | - 0,101 | <b>0,587*</b>   |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,458         | 0,755   | <b>0,045</b>    |
|                       | N                      | 12            | 12      | 12              |
| Ca (%)                | Correlación de Pearson | 0,120         | - 0,286 | <b>0,744**</b>  |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,711         | 0,368   | <b>0,006</b>    |
|                       | N                      | 12            | 12      | 12              |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 30. Correlacións do ácido caftárico e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Ác. caftárico (mg/kg) | Correlacións           | Flores        | Follas  | Talos            |
|-----------------------|------------------------|---------------|---------|------------------|
| K (%)                 | Correlación de Pearson | <b>0,640*</b> | 0,281   | 0,331            |
|                       | Sig. (bilateral)       | <b>0,025</b>  | 0,377   | 0,293            |
|                       | N                      | 12            | 12      | 12               |
| Fe (mg/kg)            | Correlación de Pearson | - 0,325       | - 0,345 | <b>0,713**</b>   |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,303         | 0,272   | <b>0,009</b>     |
|                       | N                      | 12            | 12      | 12               |
| Zn (mg/kg)            | Correlación de Pearson | 0,283         | - 0,358 | <b>- 0,841**</b> |
|                       | Sig. (bilateral)       | 0,373         | 0,254   | <b>0,001</b>     |
|                       | N                      | 12            | 12      | 12               |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).

Táboa 31. Correlacións do ácido cloroxénico e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no primeiro ano de cultivo (2005).

| Ác. cloroxénico (mg/kg) | Correlacións           | Flores          | Follas          | Talos   |
|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|---------|
| N (%)                   | Correlación de Pearson | 0,344           | <b>- 0,658*</b> | - 0,069 |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,274           | <b>0,020</b>    | 0,832   |
|                         | N                      | 12              | 12              | 12      |
| Na(%)                   | Correlación de Pearson | 0,064           | <b>- 0,644*</b> | 0,106   |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,845           | <b>0,024</b>    | 0,742   |
|                         | N                      | 12              | 12              | 12      |
| Mo (mg/kg)              | Correlación de Pearson | <b>- 0,603*</b> | 0,086           | - 0,124 |
|                         | Sig. (bilateral)       | <b>0,038</b>    | 0,789           | 0,701   |
|                         | N                      | 12              | 12              | 12      |
| Zn (mg/kg))             | Correlación de Pearson | <b>0,661*</b>   | - 0,187         | 0,068   |
|                         | Sig. (bilateral)       | <b>0,019</b>    | 0,561           | 0,834   |
|                         | N                      | 12              | 12              | 12      |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

Táboa 32. Correlacións do ácido cloroxénico e a composición mineral en flores, follas e talos de *E. purpurea* no segundo ano de cultivo (2006).

| Ác. cloroxénico (mg/kg) | Correlacións           | Flores  | Follas           | Talos |
|-------------------------|------------------------|---------|------------------|-------|
| K (%)                   | Correlación de Pearson | 0,040   | <b>0,606*</b>    | 0,296 |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,901   | <b>0,037</b>     | 0,350 |
|                         | N                      | 12      | 12               | 12    |
| Ca(%)                   | Correlación de Pearson | - 0,457 | <b>- 0,818**</b> | 0,389 |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,135   | <b>0,001</b>     | 0,212 |
|                         | N                      | 12      | 12               | 12    |
| Fe (mg/kg)              | Correlación de Pearson | - 0,573 | <b>- 0,689*</b>  | 0,153 |
|                         | Sig. (bilateral)       | 0,051   | <b>0,013</b>     | 0,635 |
|                         | N                      | 12      | 12               | 12    |

\* A correlación é significativa ao nivel 0,05 (bilateral).

\*\* A correlación é significativa ao nivel 0,01 (bilateral).



#### 4.6. CONTROL DA FLORA ARVENSE

Antes de presentar os resultados do control da vexetación espontánea no ensaio quixera falar da terminoloxía. Como ben apunta o meu querido profesor Ramón Fuentes Colmeiro, no libro “Agrosistemas sostenibles y ecológicos” (Fuentes, 2007) o concepto de “mala herba” co que sole definirse ás plantas que se desenvolven nos lugares ocupados polos nosos cultivos, non é correcto. Neste ensaio esta flora arvense foi moi necesaria entre as rúas das bancadas. Xa que desde o primeiro ano de cultivo, veuse como contribuíron como plantas trampa ao cultivo, contra as babosas e outros defoliadores, así como serviron de hospedeiras e subministradoras de alimento dos insectos beneficiosos para o noso cultivo, como xoaniñas, mantis e crisopas, entre outros.

Unha vez deixado claro que a flora arvense pode chegar a favorecer o equilibrio do agroecosistema tamén convén recordar que o control de adventicias faise indispensable nos cultivos, xa que ademais de competir polo espazo, a auga e os nutrientes, no caso das plantas medicinais a presenza doutras plantas que non sexan a propia planta medicinal esixiría a súa eliminación por métodos manuais despois da colleita, para evitar posibles adulteracións no produto final comercializado, elevando os custos de produción.

O inventario total de especies arvenses asociadas ao cultivo de *Echinacea purpurea* abarcou 48 taxons, predominado as especies anuais fronte as perennes e vivaces, pertencentes a 21 familias, sendo a familia *Asteraceae* (*Compositae*) a máis representada con 12 especies, seguida de *Polygonaceae* con 5 e *Caryophyllaceae*, *Fabaceae* (*Leguminosae*) ademais de *Poaceae* (*Gramineae*) con 4 especies respectivamente (Táboa 33). As familias máis representadas, así como as especies presentes, coinciden en gran medida con outros estudos realizados en diversos cultivos dentro da mesma área bioxeográfica (Fernández *et al.*, 1994; Buján *et al.*, 1995; Romero *et al.*, 2007); o que podería explicarse pola importante representación destas familias na flora atlántica e pola aptitude de moitos dos seus representantes para adaptarse a medios inestables e alterados (Maillet, 1981; Guillerm e Maillet, 1982).

Como medida preventiva para un mellor manexo da flora arvense, nas tres parcelas nas que se ían realizar labores de escarda manual, fíxose unha falsa sementeira (Pouliquen, 2005). Preparouse o terreo para sementar, pero non se sementou. Deixouse que as sementes da flora arvense xerminaran e comezaran a medrar, e nese momento, coa flora arvense en estado de plántula, arrincáronse intentando non mover as capas do chan. Repetimos esta operación e inmediatamente despois transplantamos as plantas de equinácea a tódalas bancadas. A continuación fixéronse escardas mensuais, nos buratos, onde se sitúan as plantas nos bancadas acolchadas Galambosi (1993), e nas subparcelas de solo nu (tratamento de escarda manual).

Táboa 33. Flora arvense presente no cultivo de *E. purpurea*.

| Nome científico                              | Familia                   |
|----------------------------------------------|---------------------------|
| <i>Achillea millefolium</i> L.               | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Anagallis arvensis</i> L.                 | Primulaceae               |
| <i>Andryala integrifolia</i> L.              | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Anthemis arvensis</i> L.                  | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Aphanes arvensis</i> L.                   | Rosaceae                  |
| <i>Campanula patula</i> L.                   | Campanulaceae             |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus  | Brassicaceae (Cruciferae) |
| <i>Cardamine hirsuta</i> L.                  | Brassicaceae (Cruciferae) |
| <i>Carduus</i> sp.                           | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.          | Caryophyllaceae           |
| <i>Chenopodium album</i> L.                  | Chenopodiaceae            |
| <i>Chrysanthemum segetum</i> L.              | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Coleostephus myconis</i> (L.) Reichenb.   | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L.               | Convolvulaceae            |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.         | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Dactylis glomerata</i> L.                 | Poaceae (Gramineae)       |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.    | Poaceae (Gramineae)       |
| <i>Epilobium hirsutum</i> L.                 | Onagraceae                |
| <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.        | Geraniaceae               |
| <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve     | Polygonaceae              |
| <i>Hypochaeris radicata</i> L.               | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Juncus</i> sp.                            | Juncaceae                 |
| <i>Lamium amplexicaule</i> L.                | Lamiaceae (Labiatae)      |
| <i>Leondodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat. | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Lolium perenne</i> L.                     | Poaceae (Gramineae)       |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.                 | Fabaceae (Leguminosae)    |
| <i>Lupinus angustifolius</i> L.              | Fabaceae (Leguminosae)    |
| <i>Ornithopus compressus</i> L.              | Fabaceae (Leguminosae)    |
| <i>Oxalis acetosella</i> L.                  | Oxalidaceae               |
| <i>Plantago lanceolata</i> L.                | Plantaginaceae            |
| <i>Poa annua</i> L.                          | Poaceae (Gramineae)       |
| <i>Polygonum aviculare</i> L.                | Polygonaceae              |
| <i>Polygonum persicaria</i> L.               | Polygonaceae              |
| <i>Portulaca oleracea</i> L.                 | Portulacaceae             |
| <i>Ranunculus</i> sp.                        | Ranunculaceae             |
| <i>Rubus</i> sp.                             | Rosaceae                  |
| <i>Rumex acetosa</i> L.                      | Polygonaceae              |
| <i>Rumex crispus</i> L.                      | Polygonaceae              |
| <i>Senecio vulgaris</i> L.                   | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Solanum nigrum</i> L.                     | Solanaceae                |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L.                  | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Spergula arvensis</i> L.                  | Caryophyllaceae           |
| <i>Spergularia rubra</i> (L.) J. & C. Presl. | Caryophyllaceae           |
| <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.            | Caryophyllaceae           |
| <i>Taraxacum officinale</i> Weber            | Asteraceae (Compositae)   |
| <i>Trifolium repens</i> L.                   | Fabaceae (Leguminosae)    |
| <i>Veronica hederifolia</i> L.               | Scrophulariaceae          |
| <i>Veronica polita</i> Fr.                   | Scrophulariaceae          |

#### 4.6.1. Tratamentos de escarda

##### 4.6.1.1. Escarda realizada en maio

Das 17 familias que aparecen asociadas ao cultivo da equinácea no mes de maio do primeiro ano de cultivo (2005), 3 presentan o maior número de especies: *Asteraceae* (*Compositae*) con 3 especies e *Brassicaceae* (*Cruciferae*) ademais de *Polygonaceae* con dúas especies cada unha.

En relación ao número de individuos, as especies que presentan un número maior de dez individuos por metro cadrado: *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve e *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus, seguidas de *Chenopodium album* L., *Juncus* sp., *Aphanes arvensis* L., *Coleostephus myconis* (L.) Reichenb. e *Polygonum aviculare* L. (Figura 152).

Con respecto ao peso seco das diferentes especies, atopamos que *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus é *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve superan o  $\text{g/m}^2$ , seguidas de *Coleostephus myconis* (L.) Reichenb., *Polygonum aviculare* L., *Aphanes arvensis* L., *Juncus* sp. e *Chenopodium album* L. (Figura 153).

Inicialmente as especies predominantes son especies anuais, presentes seguramente no banco de sementes do solo e que se ven favorecidas polos traballos preparatorios para o cultivo da equinácea. Todas elas forman parte do grupo de adventicias que xerminan na primavera, máis frecuentes nos diversos cultivos que se practican en Europa (*Fallopia convolvulus*; *Aphanes arvensis*) sendo incluso algunhas delas cosmopolitas (*Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare* e *Coleostephus myconis*) (Hanf, 1982).

Na escarda realizada no segundo ano de cultivo (2006) son nove as familias que aparecen asociadas ao cultivo de *E. purpurea*, oito menos que as atopadas no primeiro ano no mes de maio. Tres familias presentan o maior número de especies, destacando sobre todas *Asteraceae* (*Compositae*) con oito especies e as *Caryophyllaceae* ademais de *Poaceae* (*Gramineae*) con dúas respectivamente (Figura 154).

Cando observamos o número de individuos localizados nas bancadas co tratamento de escarda comprobamos que só *Sonchus oleraceus* L. presenta máis de 10 individuos/ $\text{m}^2$ , seguida de *Lupinus angustifolius* L., *Lolium perenne* L., *Hypochaeris radicata* L., *Chrysanthemum segetum* L., *Andryala integrifolia* L., *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér., *Convolvulus arvensis* L. e *Cerastium glomeratum* Thuill. Namentres o resto de especies atópase por debaixo do individuo/ $\text{m}^2$  (Figura 154).

Se ben o ano pasado eran só dúas as especies que superaron o gramo por metro cadrado: *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus é *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, neste segundo ano de cultivo son varias as especies que superan este valor: sobresaen por enriba de tódalas especies *Taraxacum officinale* Weber ( $17,02 \text{ g/m}^2$ ), seguida de *Anthemis arvensis* L., *Spergula arvensis* L., *Coleostephus myconis* (L.) Reichenb., *Juncus* sp., *Aphanes arvensis* L. e *Lupinus angustifolius* L.. As cales superan o  $\text{g/m}^2$  (Figura 155).

A última escarda realizada na parcela de ensaio tivo lugar en maio do 2007 (terceiro ano de cultivo). Neste ano son oito as familias que aparecen asociadas ao cultivo de equinácea no mes de maio, sobresaíndo *Asteraceae* (*Compositae*) con oito especies. O resto de familias asociadas ao cultivo de *E. purpurea* neste último ano de cultivo presentan unha soa especie, coa excepción de *Caryophyllaceae* que presenta dúas: *Cerastium glomeratum* Thuill. e *Spergula arvensis* L. (Figura 156).

No que atinxe ao número de individuos, as especies que presentan un número maior de 10 individuos/ $\text{m}^2$  foron: *Taraxacum officinale* Weber, *Hypochaeris radicata* L. e *Conyza canadensis* (L.) Cronq., todas elas da familia *Asteraceae* (*Compositae*). Moi de lonxe aparecen: *Lolium perenne* L., *Sonchus oleraceus* L., *Lupinus angustifolius* L., *Convolvulus arvensis* L. e *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. que presentan de 1 a 5 individuos/ $\text{m}^2$  (Figura 156).

Con respecto ao peso seco das diferentes especies, atopamos que *Taraxacum officinale* Weber, *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Hypochaeris radicata* L. e *Lolium perenne* L. superan os  $3\text{g/m}^2$ , seguidas por *Convolvulus arvensis* L., *Sonchus oleraceus* L., *Chrysanthemum segetum* L., *Lupinus angustifolius* L. e *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. que superan o  $\text{g/m}^2$  (Figura 157).

Presentados os resultados das escardas realizadas en maio ao longo dos tres anos de cultivo, sinalar o descenso no número de familias presentes nas bancadas de escarda e a ausencia de *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus, *Fallopia convolvulus* (L.) ademais de *Chenopodium album* L. nas escardas

realizadas en maio dos dous últimos anos, as cales correspóndense coas especies con maior número de individuos por metro cadrado do primeiro ano. Do mesmo xeito, observamos un descenso de individuos de *Juncus sp.* e un aumento das *Asteraceae* (*Compositae*): *Taraxacum officinale* Weber, *Conyza canadensis* (L.) Cronq. e *Hypochaeris radicata* L. Parece pois que a escarda controla bastante ben as especies anuais máis representativas pero non é capaz de frear o desenvolvemento das especies perennes, que requiren para a súa eliminación de labores máis profundos (Taleb 1989; Taleb e Maillet, 1994).

No peso seco atopamos moita variabilidade. No primeiro ano de cultivo as especies presentaron pesos inferiores aos rexistrados no segundo e terceiro ano, debido en parte, a ter realizado os labores de escarda moito máis tarde e ter as plántulas un maior desenvolvemento.

Segundo cos datos de peso seco para as escardas realizadas en maio, son tres as especies que destacan: *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus e *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve no primeiro ano, ademais de *Taraxacum officinale* Weber no segundo e terceiro ano.

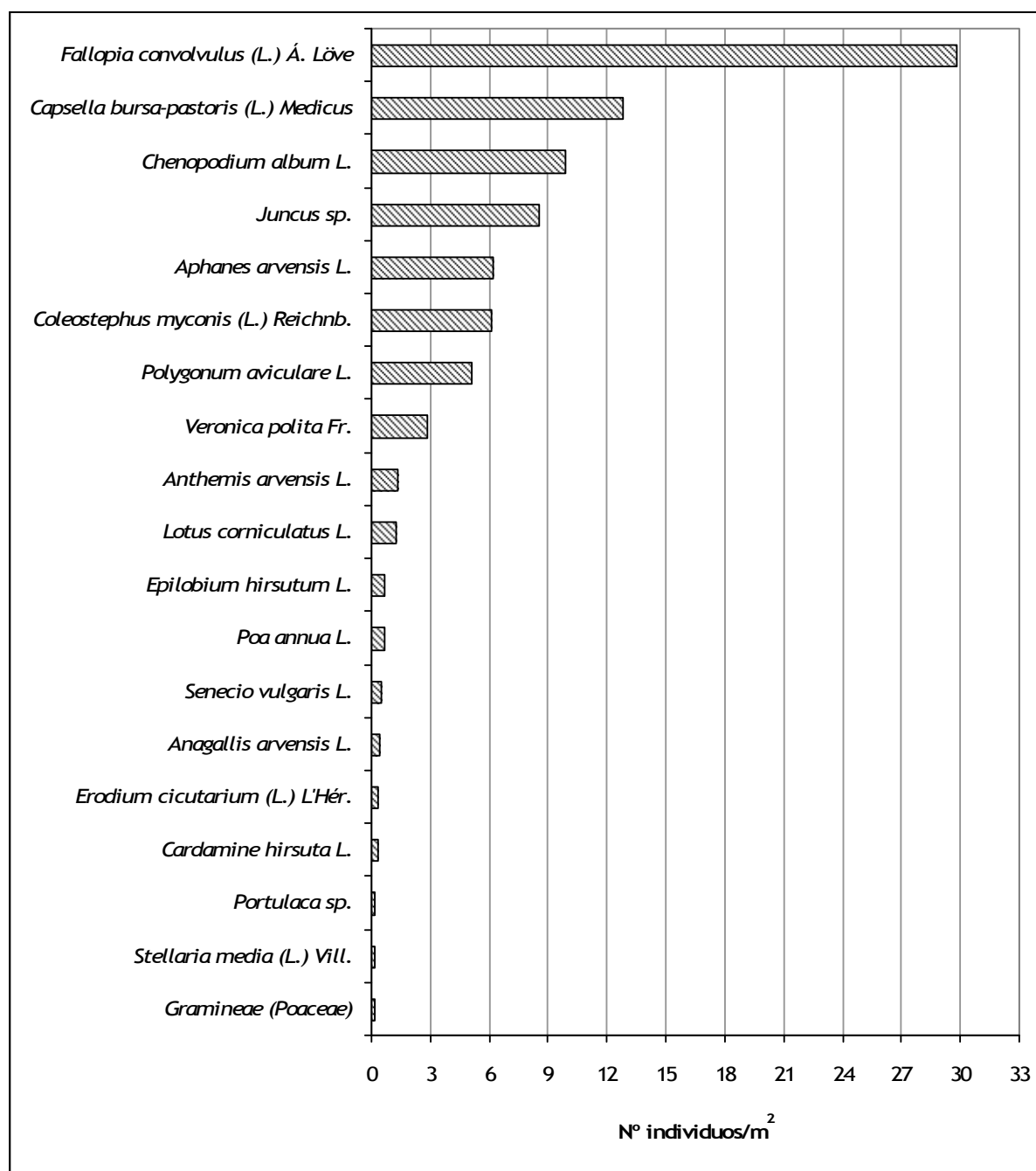


Figura 152. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de maio do primeiro ano de cultivo (2005).

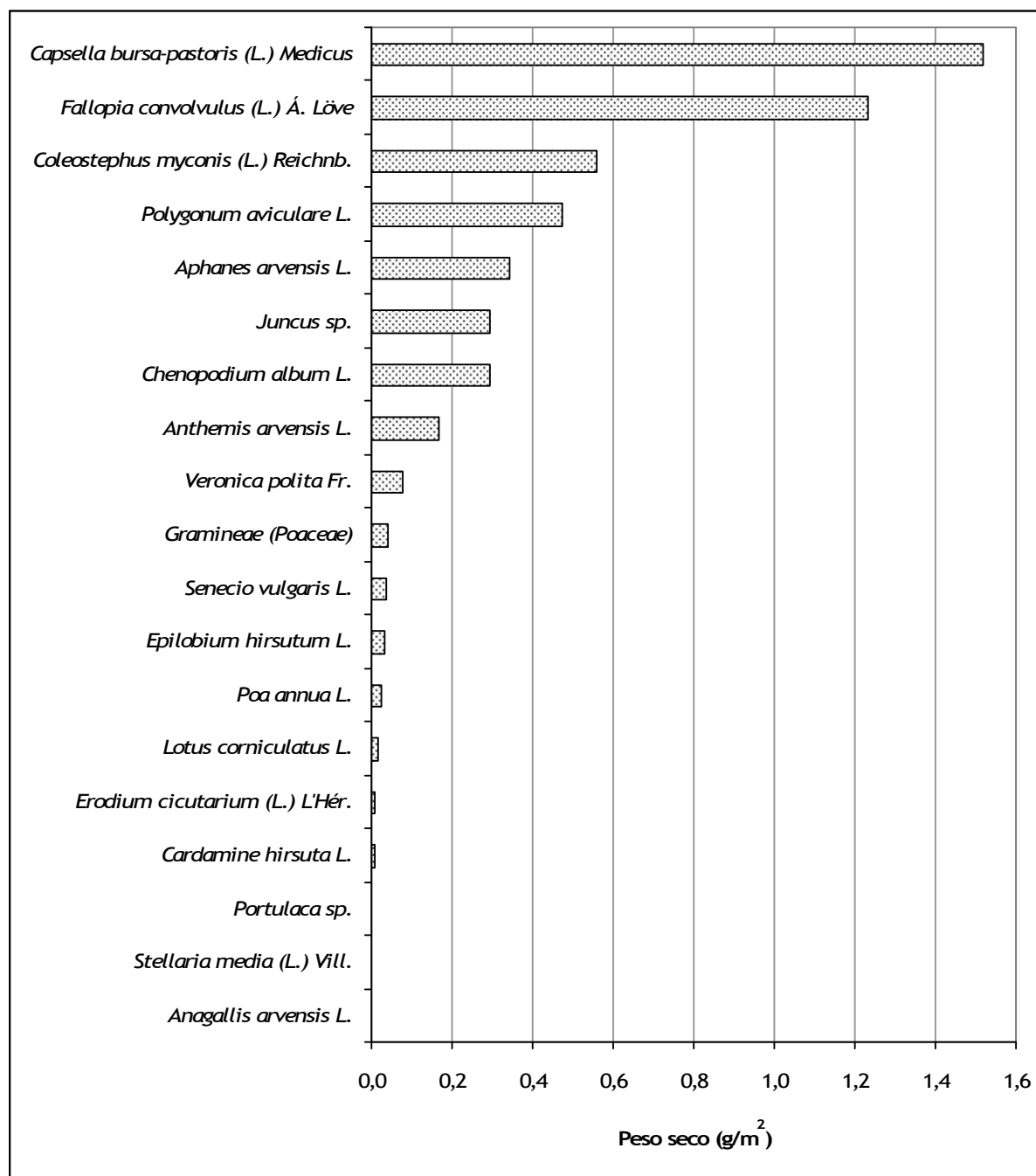


Figura 153. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de maio do primeiro ano de cultivo (2005).

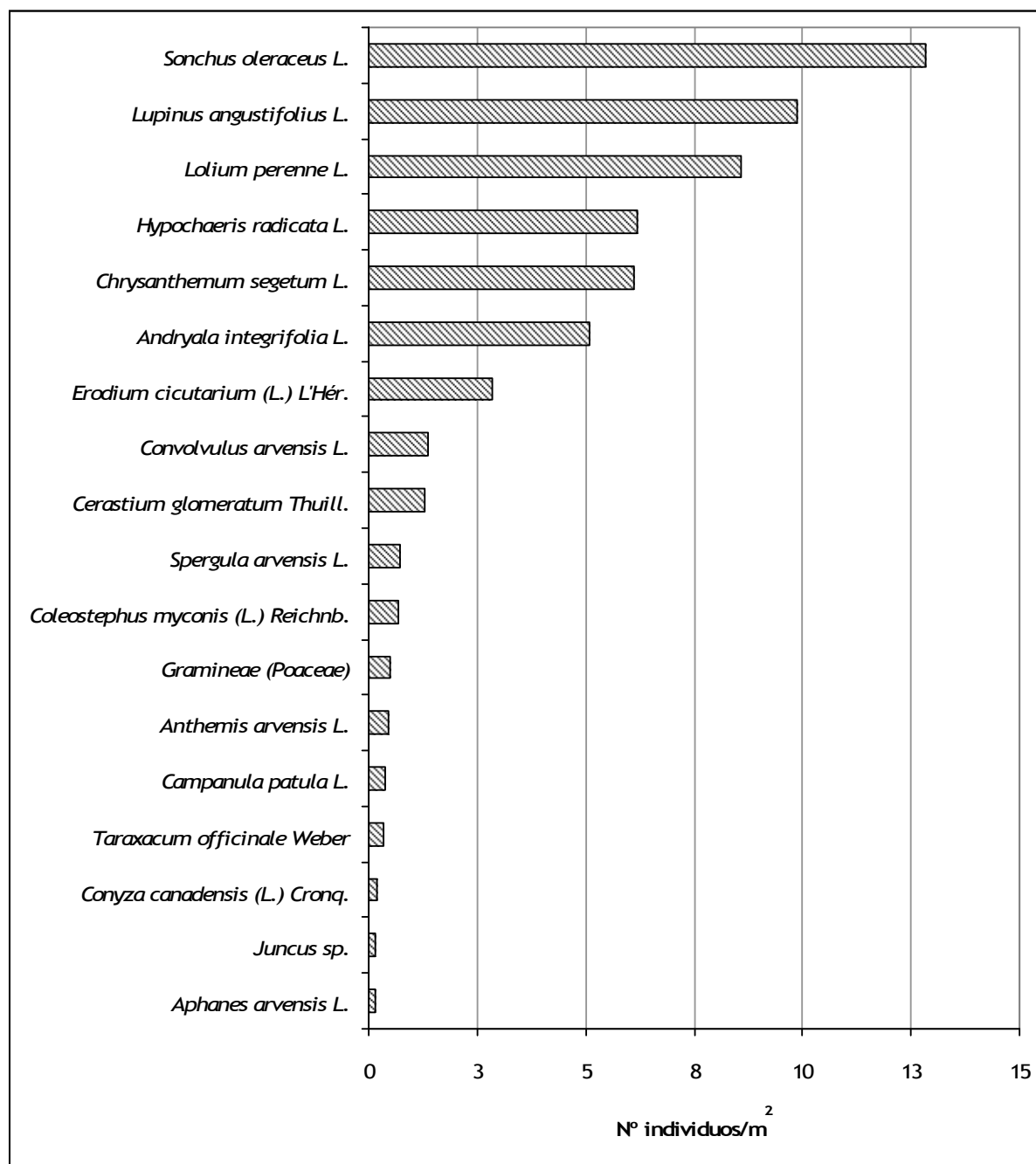


Figura 154. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de maio do segundo ano de cultivo (2006).



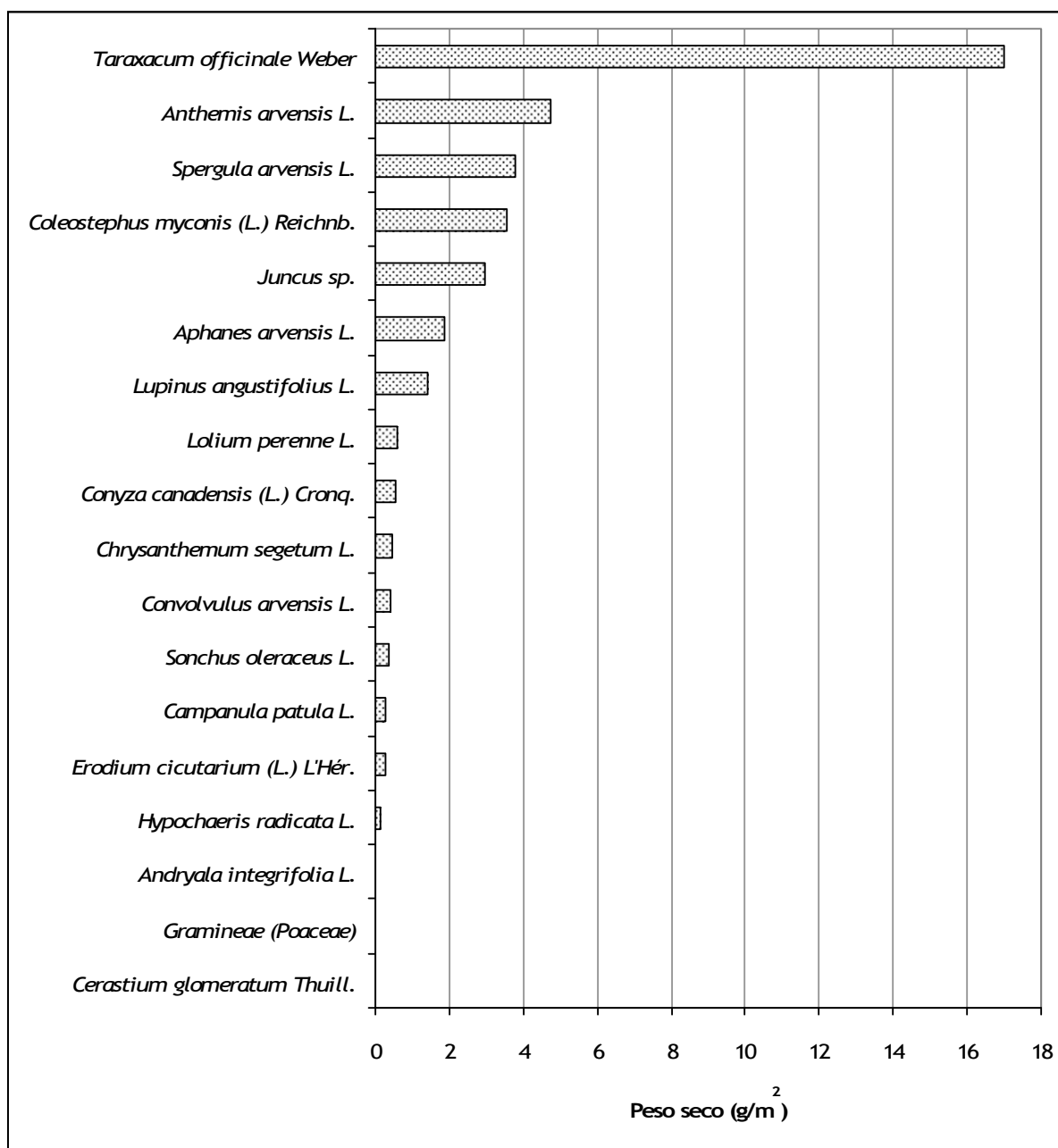


Figura 155. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de maio do segundo ano de cultivo (2006).

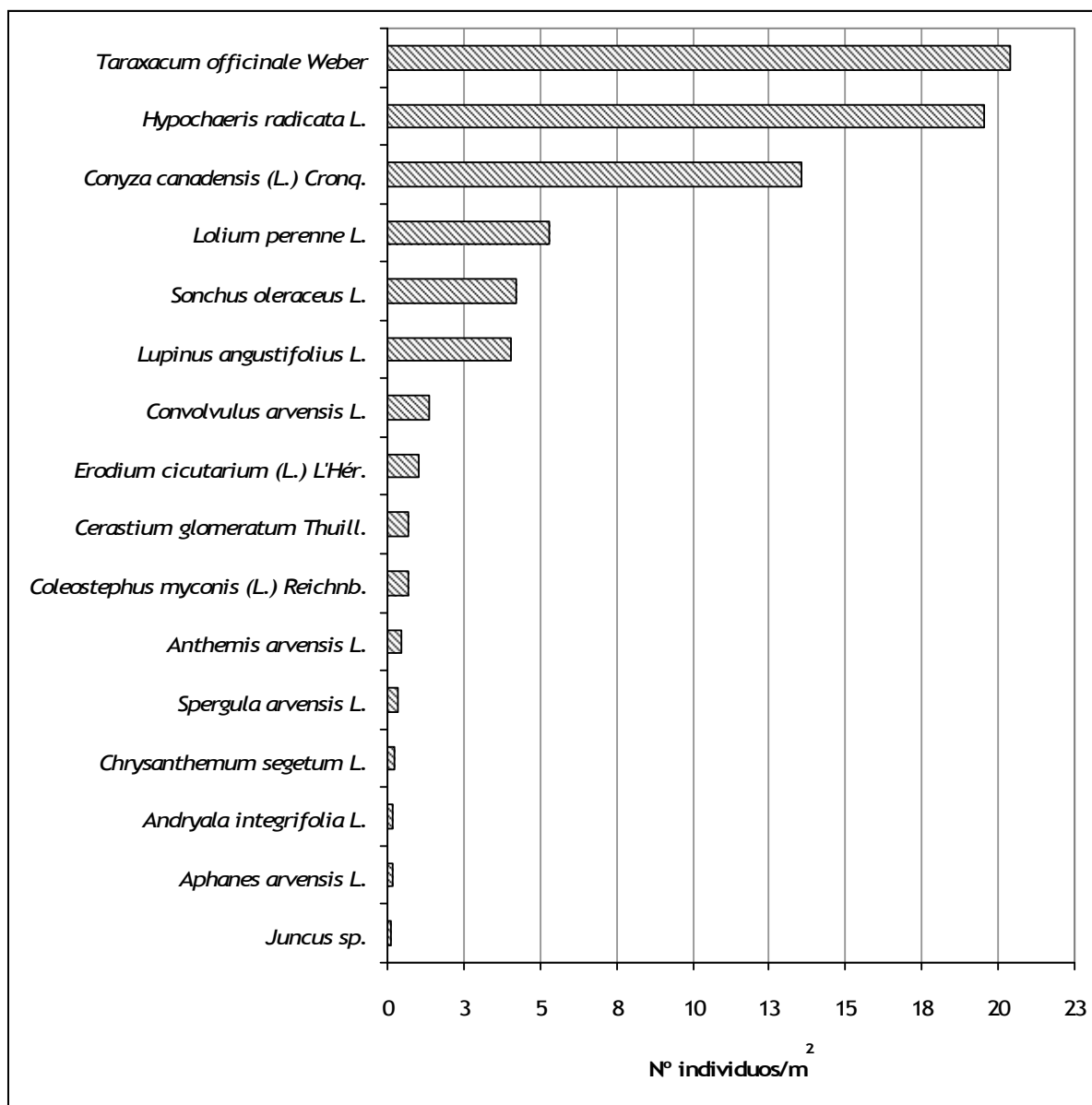


Figura 156. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de maio do terceiro ano de cultivo (2007).

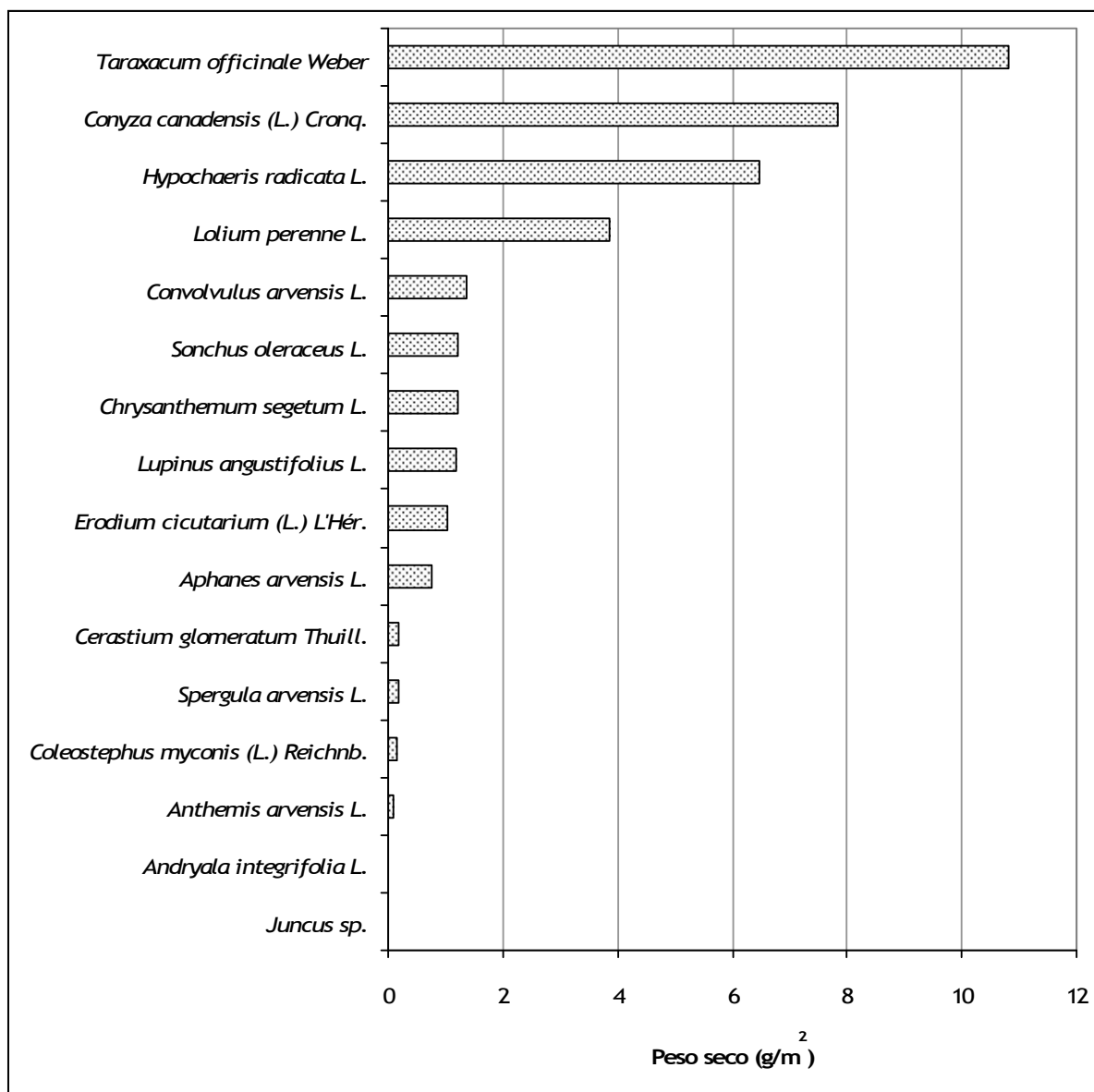


Figura 157. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de maio do terceiro ano de cultivo (2007).

## 4.6.1.2. Escardas realizadas en xuño

No mes de xuño do primeiro ano de cultivo, é a familia *Asteraceae* (*Compositae*) a que presenta un maior número de especies asociadas ao cultivo de equinácea (6), nembargantes é *Juncus* sp. o que destaca con 946,83 individuos/m<sup>2</sup>, seguido moi de lonxe por *Aphanes arvensis* L. (27,67 individuos/m<sup>2</sup>), *Chenopodium album* L. (23,50 individuos/m<sup>2</sup>), *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve (21,58 individuos/m<sup>2</sup>), *Solanum nigrum* L. (21,33 individuos/m<sup>2</sup>) e *Conyza canadensis* (L.) Cronq. (10,83 individuos/m<sup>2</sup>) (Figura 158).

Da mesma maneira que con respecto ao número de individuos, *Juncus* sp. foi a especie que presentou o máximo peso seco, cun valor de 55,48 g/m<sup>2</sup>, moi arredado dos 9,96 g/m<sup>2</sup> da seguinte especie en importancia, que foi *Chenopodium album* L. (Figura 159).

Mencionar tamén que neste mes de xuño aparecen no terreo seis especies que non estaban presentes no mes de maio deste primeiro ano: *Campanula patula* L., *Chrysanthemum segetum* L., *Ornithopus compressus* L., *Oxalis acetosella* L., *Spergularia rubra* (L.) J. & C. Presl. e *Veronica hederifolia* L.. Catro son as especies que non aparecen neste mes, e que non volven a aparecer nin na escarda de xullo nin na de setembro, *Carduus* sp., *Plantago lanceolata* L., *Polygonum persicaria* L. e *Portulaca oleracea* L.

A familia *Asteraceae* (*Compositae*) é a que presenta o maior número de especies na escarda realizada no mes de xuño do segundo ano de cultivo, en concreto son 3 as especies desta familia asociadas ao cultivo da equinácea, seguida por *Brassicaceae* (*Cruciferae*), *Fabaceae* (*Leguminosae*) e *Rosaceae* con dúas especies cada unha. Sen embargo, tal e como aconteceu co *Juncus* sp. o ano anterior neste mesmo mes, as especies con máis número de individuos por metro cadrado pertencen a *Chenopodiaceae*, *Rosaceae* e *Solanaceae*: *Chenopodium album* L., *Aphanes arvensis* L. e *Solanum nigrum* L..

Moi lonxe das tres especies anteriores atopamos a *Lotus corniculatus* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus e *Anagallis arvensis* L., as cales presentan de 1 a 4 individuos/m<sup>2</sup> (Figura 160).

No referente as especies cos contidos en peso seco máis elevados, este mes de xullo destacan *Chenopodium album* L. seguida por *Conyza canadensis* (L.) Cronq. que presenta aproximadamente a metade de individuos que a anterior. Moi por debaixo destas dúas especies atopamos aquelas que presentan máis dun individuo/m<sup>2</sup> e son: *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus, *Coleostephus myconis* (L.) Reichnb. e *Juncus* sp. (Figura 161), a cal no mes de xuño do primeiro ano foi a especie máis representativa, tanto en número de individuos como en peso seco.

As tarefas de escarda manual, coa extracción completa dos individuos en estado de plántula e sen apenas movementos de solo ademáis da escaseza de choivas, contribuíron a unha baixada importante no número de especies e de individuos presentes nas bancadas con tratamento de escarda neste mes de xuño.

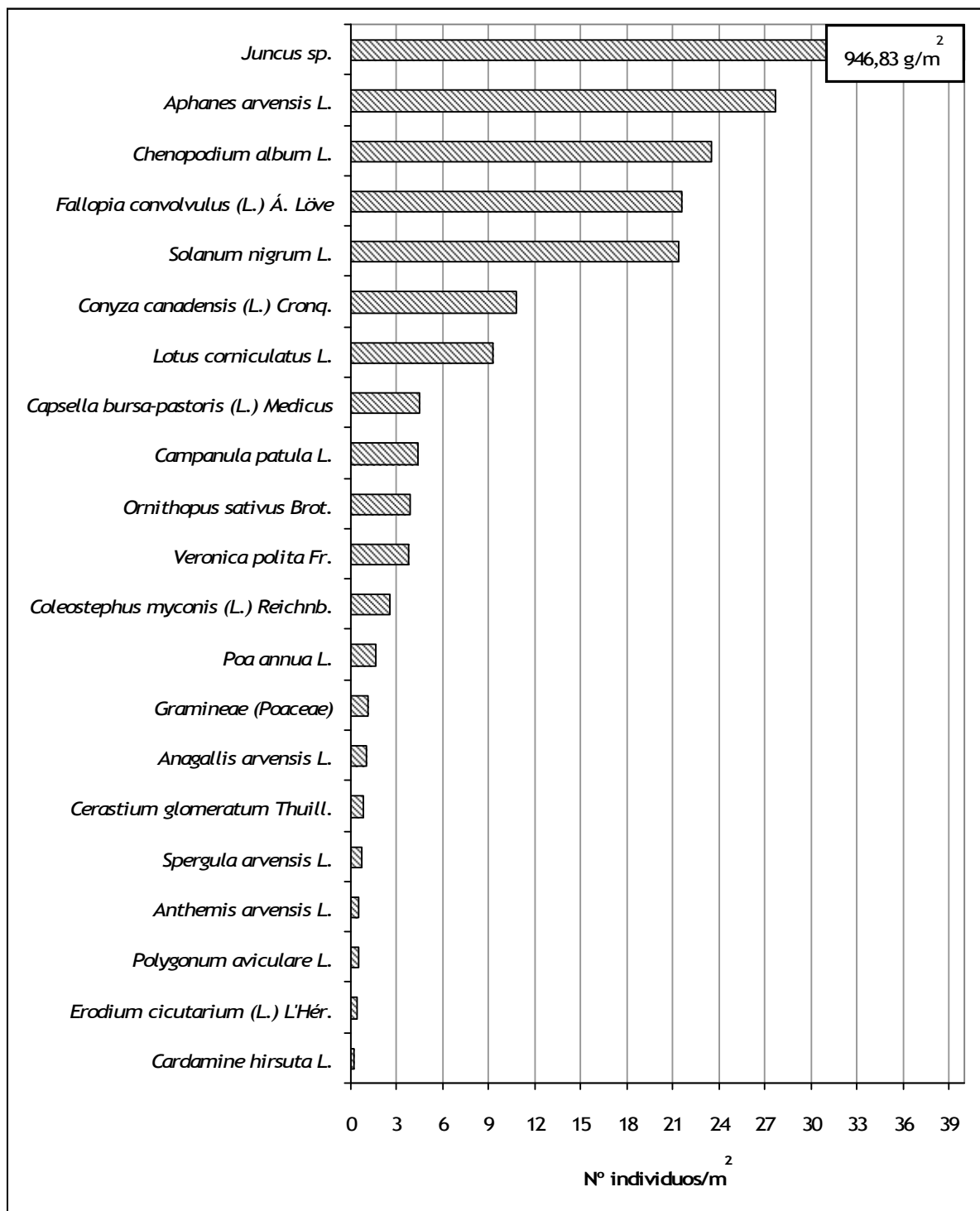


Figura 158. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de xuño do primeiro ano de cultivo (2005).

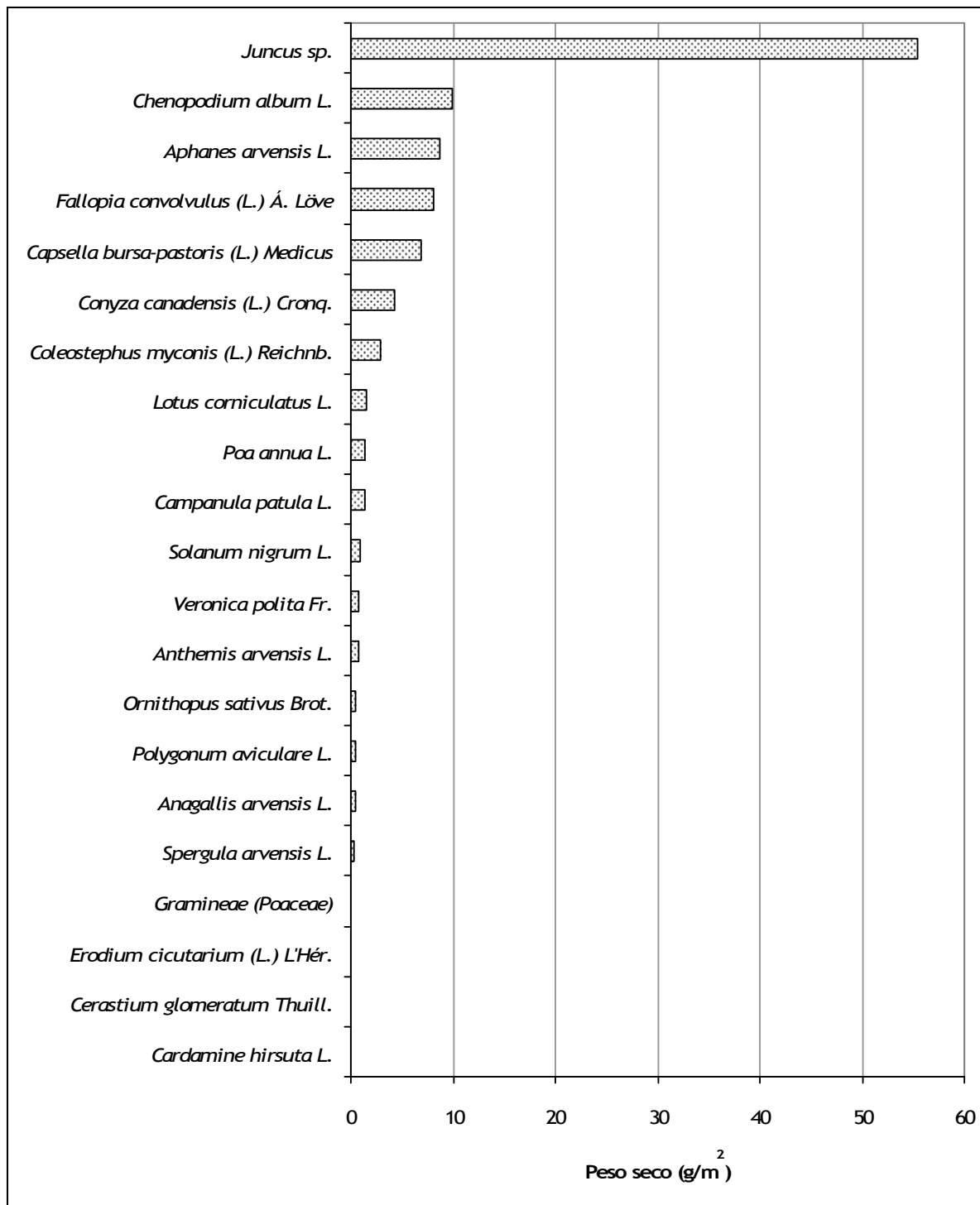


Figura 159. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xuño do primeiro ano de cultivo (2005).



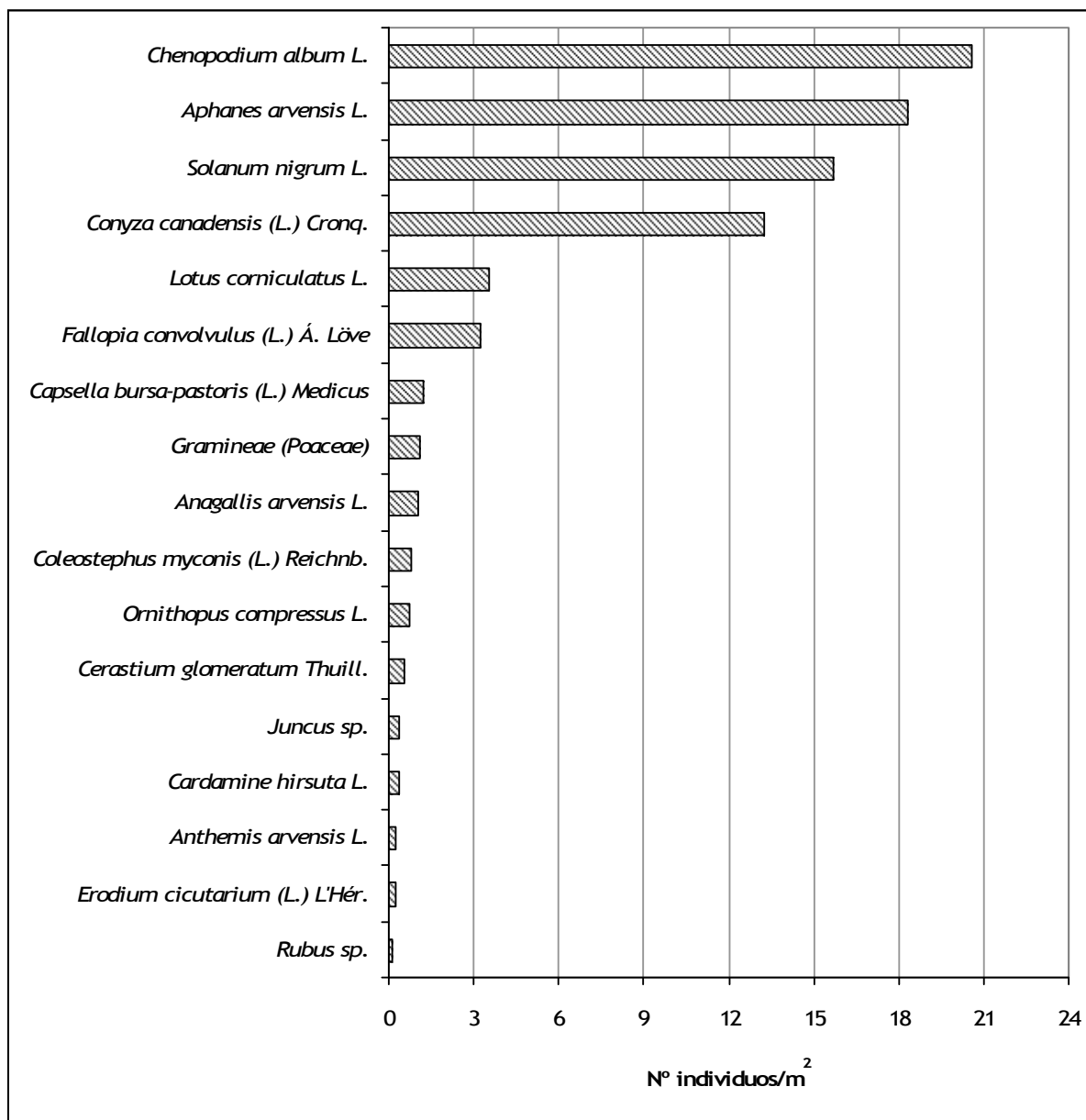


Figura 160. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de xuño do segundo ano de cultivo (2006).

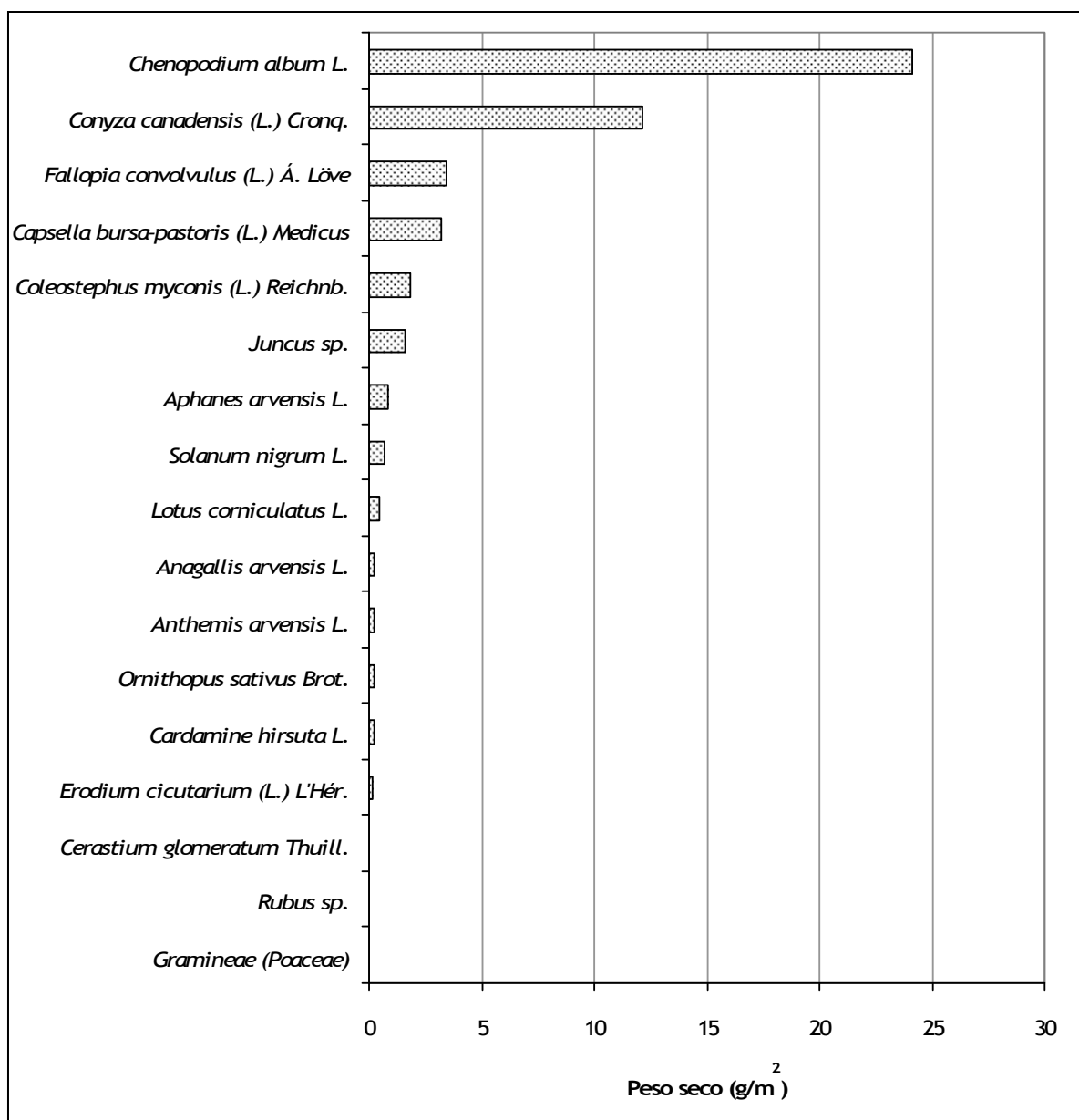


Figura 161. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xuño do segundo ano de cultivo (2006).

## 4.6.1.3. Escardas realizadas en xullo

No mes de xullo do primeiro ano de cultivo, foron 15 as familias asociadas ao cultivo de equinácea, tres menos que nos anteriores meses do mesmo ano: *Oxalidaceae*, *Plantaginaceae* e *Portulacaceae*. Aparecendo a familia *Convolvulaceae* (*Convolvulus arvensis* L.).

A familia *Asteraceae* (*Compositae*) continúa a ser a familia representada polo maior número de especies (catro), seguida pola *Polygonaceae*, con tres especies, e polas familias *Fabaceae* (*Leguminosae*) e *Poaceae* (*Gramineae*) con dúas especies cada unha.

No referente á especie que alcanza as mais altas densidades atopamos a *Solanum nigrum* L. con 84,83 ind/m<sup>2</sup>, seguida por *Chenopodium album* L. con 14,25 ind/m<sup>2</sup> (Figura 162). As mesmas especies repítense ao observar os contidos en peso seco (Figura 163), destacando do resto de especies presentes no terreo neste mes de xullo.

Outras especies aparecen, pero cun número de individuos inferior a tres (nos 8 m<sup>2</sup> das subparcelas). As especies son: *Anagallis arvensis* L., *Aphanes arvensis* L., *Campanula patula* L., *Chrysanthemum segetum* L., *Dactylis glomerata* L., *Epilobium hirsutum* L., *Juncus* sp., *Ornithopus compressus* L., *Polygonum aviculare* L., *Rumex crispus* L. e *Spergularia rubra* (L.) J. & C. Presl.

Todas elas, do mesmo xeito que comentamos anteriormente, son tamén arvenses moi frecuentes en cultivos europeos, aparecendo neste caso especies adaptadas a temperaturas estivais (Hanf, 1982).

No segundo ano de cultivo o número de especies asociadas ao cultivo de *E. purpurea* no mes de xullo foi o mesmo que o atopado en xuño do anterior ano, aínda que dúas especies variaron. *Aphanes arvensis* L. e *Chrysanthemum segetum* L. aparecen neste ano, mentres que *Conyza canadensis* (L.) Cronq. e *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. non son rexistradas.

As familias máis representadas neste mes son: *Asteraceae* (*Compositae*), *Brassicaceae* (*Cruciferae*), *Fabaceae* (*Leguminosae*), *Poaceae* (*Gramineae*), *Convolvulaceae*, *Geraniaceae*, *Polygonaceae*, *Chenopodiaceae* e *Solanaceae*. Dentro destas a familia *Asteraceae* (*Compositae*) é a única que se presenta con máis de catro especies.

As especies: *Solanum nigrum* L., *Chenopodium album* L., *Trifolium repens* L., *Aphanes arvensis* L., *Coleostephus myconis* (L.) Reichnb., *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Chrysanthemum segetum* L., *Convolvulus arvensis* L. e *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus, presentan máis dun individuo/m<sup>2</sup> nas bancadas con tratamento de escarda (Figura 164).

Mención especial require a presenza de *Achillea millefolium* L. que aínda que está presente en menos de 3 individuos/m<sup>2</sup> aparece por primeira vez neste segundo ano de cultivo. O ensaio de cultivo de milenrama na mesma parcela da equinácea parece ser a causa máis probable da súa presenza.

Con respecto ao peso seco *Chenopodium album* L., *Trifolium repens* L., *Solanum nigrum* L. e *Anthemis arvensis* L., son as catro especies que presentan uns valores por enriba dos 3g/m<sup>2</sup>, o resto de especies atópanse por debaixo dos 2g/m<sup>2</sup> (Figura 165).

Seguramente a presenza dun banco de sementes importante no solo teña moito que ver coa presenza de plantas anuais no segundo ano de mostraxe, como *Solanum nigrum* ou *Chenopodium album*. De feito *Chenopodium album*, é considerada como unha das adventicias mais extendidas por todo o mundo cuxas sementes permanecen mais tempo no solo mantendo a súa con capacidade xerminativa (Hanf, 1982).

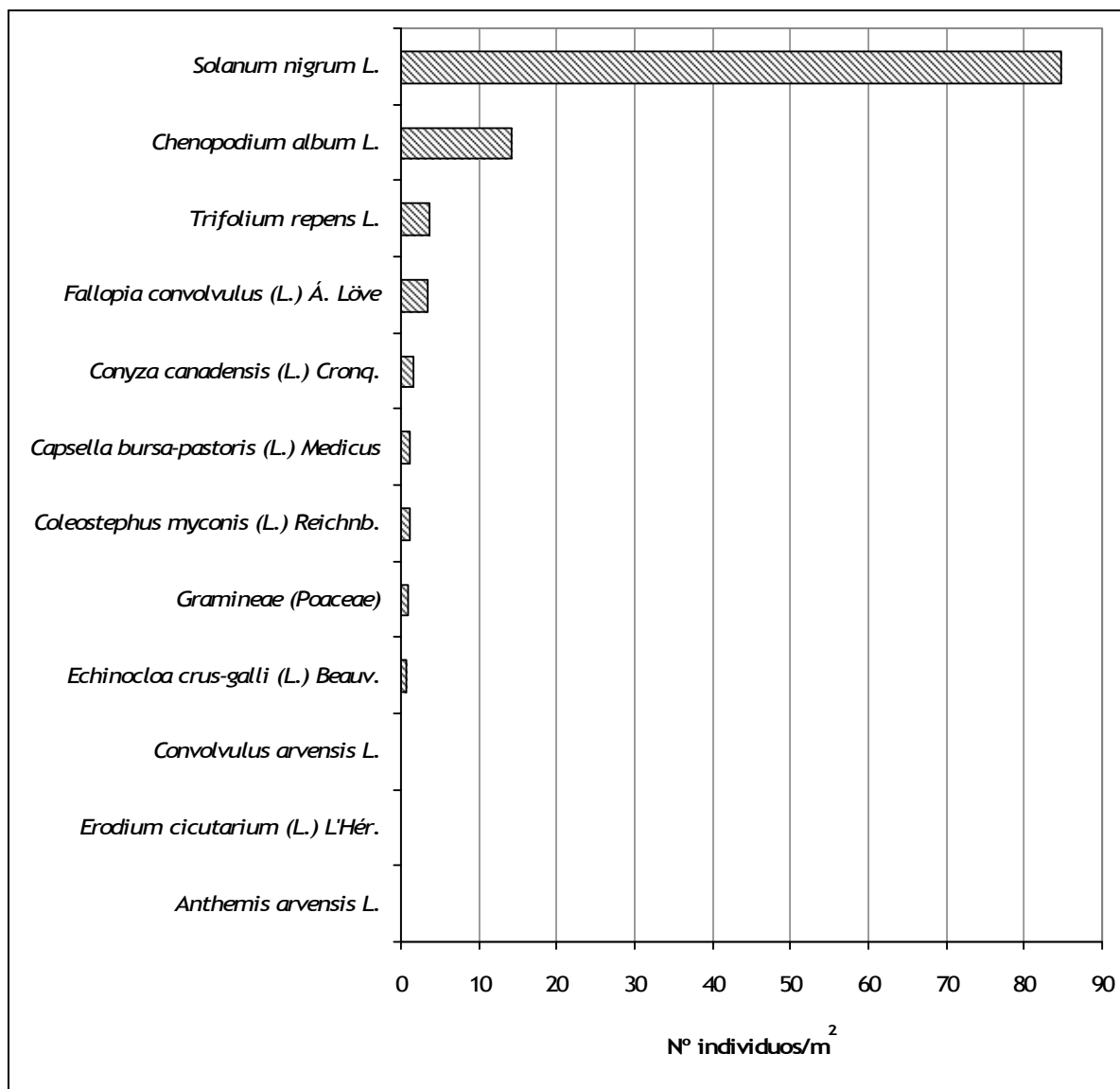


Figura 162. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de xullo do primeiro ano de cultivo (2005).

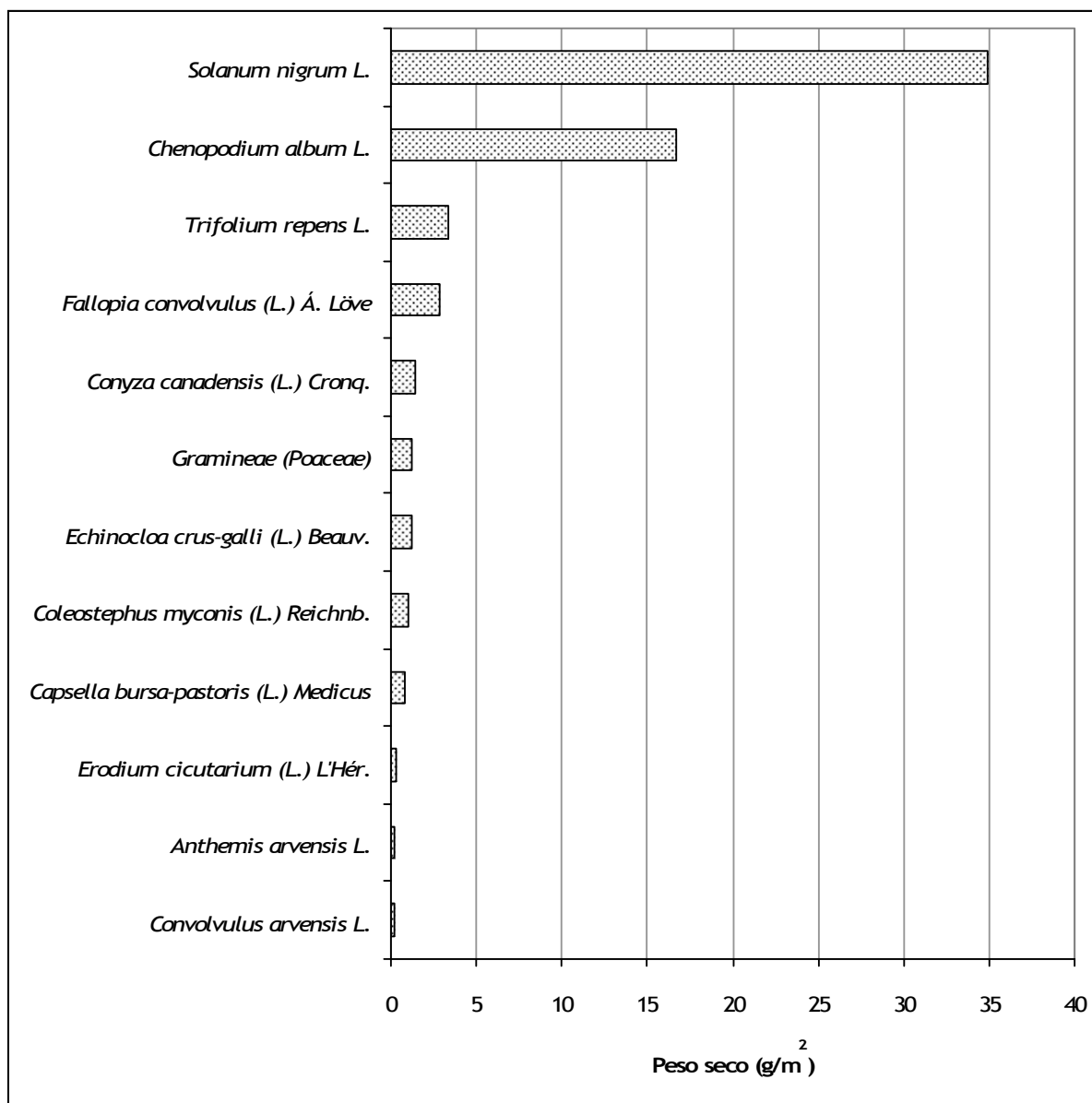


Figura 163. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xullo do primeiro ano de cultivo (2005).

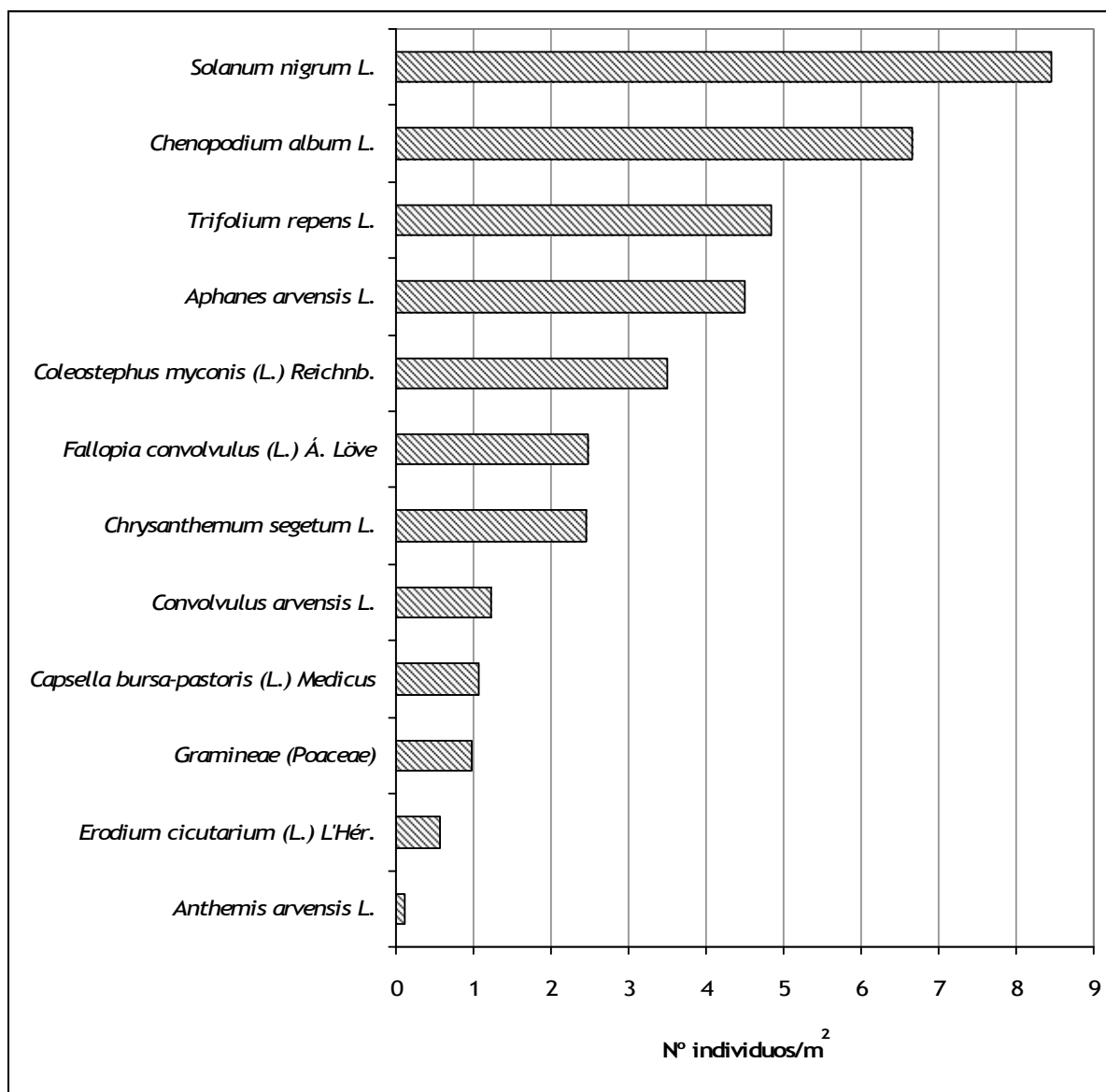


Figura 164. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de xullo do segundo ano de cultivo (2006).



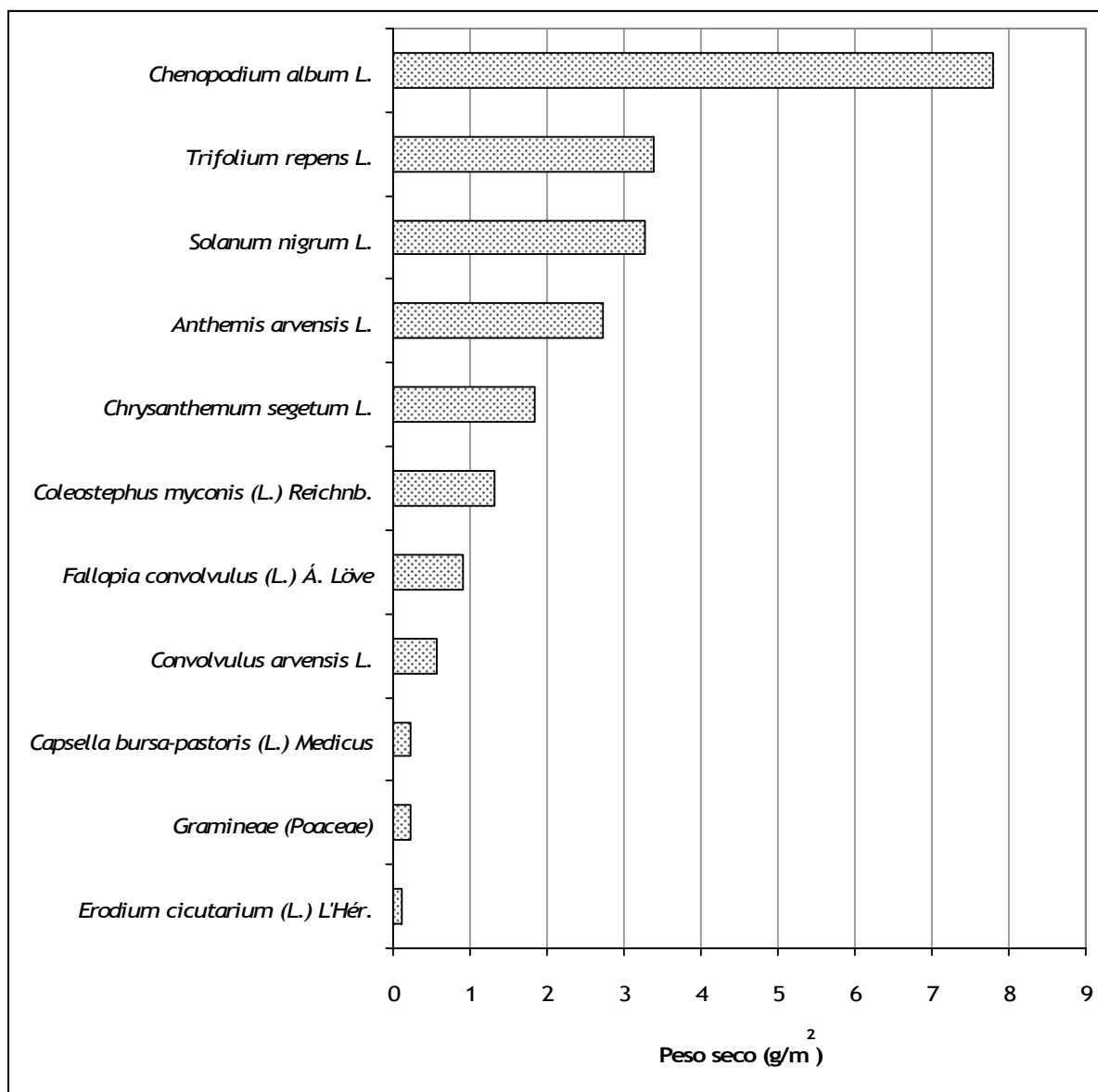


Figura 165. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xullo do segundo ano de cultivo (2006).

## 4.6.1.4. Escardas realizadas en setembro

Once foron as familias presentes, no mes de setembro do primeiro ano de cultivo, nas bancadas onde se realizaron os labores de escarda. *Campanulaceae*, *Juncaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae* e *Scrophulariaceae* non foron atopadas nesta mostraxe.

Tal e como se viu repetindo nos anteriores meses, *Asteraceae* (*Compositae*) é a familia que presentou o maior número de especies (sete), seguida moi de lonxe pola familia *Fabaceae* (*Leguminosae*), con dúas especies.

*Chenopodium album* L. é a especie que presenta un maior número de individuos por metro cadrado (11,71 ind./m<sup>2</sup>), seguida por *Solanum nigrum* L. (8,04 ind./m<sup>2</sup>) (Figura 166). En canto ao peso seco, é *Solanum nigrum* L. a primeira en importancia con 23,01 g/m<sup>2</sup> seguida por *Chenopodium album* L. con 10,10 g/m<sup>2</sup> (Figura 167).

Cabe mencionar a presenza de *Sonchus oleraceus* L. e *Taraxacum officinale* Weber, ambas compostas, neste mes de setembro, e igual que nos outros meses *Chrysanthemum segetum* L., *Epilobium hirsutum* L., *Ornithopus compressus* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Taraxacum officinale* Weber, aparecen nas bancadas pero nun número inferior a 3 individuos/8m<sup>2</sup>.

No que atinxe á escarda que tivo lugar en setembro do segundo ano, esta é a que presenta o maior número de especies, por enriba dos 3 individuos/8m<sup>2</sup>, de todos os labores de escarda realizados durante os dous primeiros anos de cultivo, incluída a escarda realizada a principios de xuño, días antes da colleita do terceiro ano. Vinteseite son as especies recollidas (17 máis que en setembro de 2005), destacando *Spergula arvensis* L. con 42,92 individuo/m<sup>2</sup>, seguida moi de lonxe por *Coleostephus myconis* (L.) Reichnb., *Aphanes arvensis* L., *Juncus* sp. e *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. con máis de 10 individuos/m<sup>2</sup>.

Outro grupo importante de plantas que presenta máis dun individuo/m<sup>2</sup> está formado por: *Cerastium glomeratum* Thuill., *Taraxacum officinale* Weber, *Senecio vulgaris* L., *Anthemis arvensis* L., *Sonchus oleraceus* L., *Andryala integrifolia* L., *Convolvulus arvensis* L. e *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medicus (Figura 168).

Catorce son as familias rexistradas nesta mostraxe na que destacan: *Asteraceae* (*Compositae*) con 10 especies ademais de *Caryophyllaceae* e (*Poaceae*) *Gramineae* que con 3 especies cada unha atópanse alonxadas da anterior.

Este repunte da flora arvense no mes de setembro débese ás precipitacións xa que denden o mes de maio, deste segundo ano de cultivo, foron escasas.

No que respecta ao peso seco, é *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér con 59,20 g/m<sup>2</sup> o que destaca entre o resto de especies, seguido de *Spergula arvensis* L. e *Anthemis arvensis* L. con 18,93 e 16,90 g/m<sup>2</sup> respectivamente. Alonxados dos valores anteriores atopamos a *Coleostephus myconis* (L.) Reichnb., *Taraxacum officinale* Weber, *Senecio vulgaris* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Conyza canadensis* (L.) Cronq. con valores de 1 a 8 individuos/m<sup>2</sup> (Figura 169).

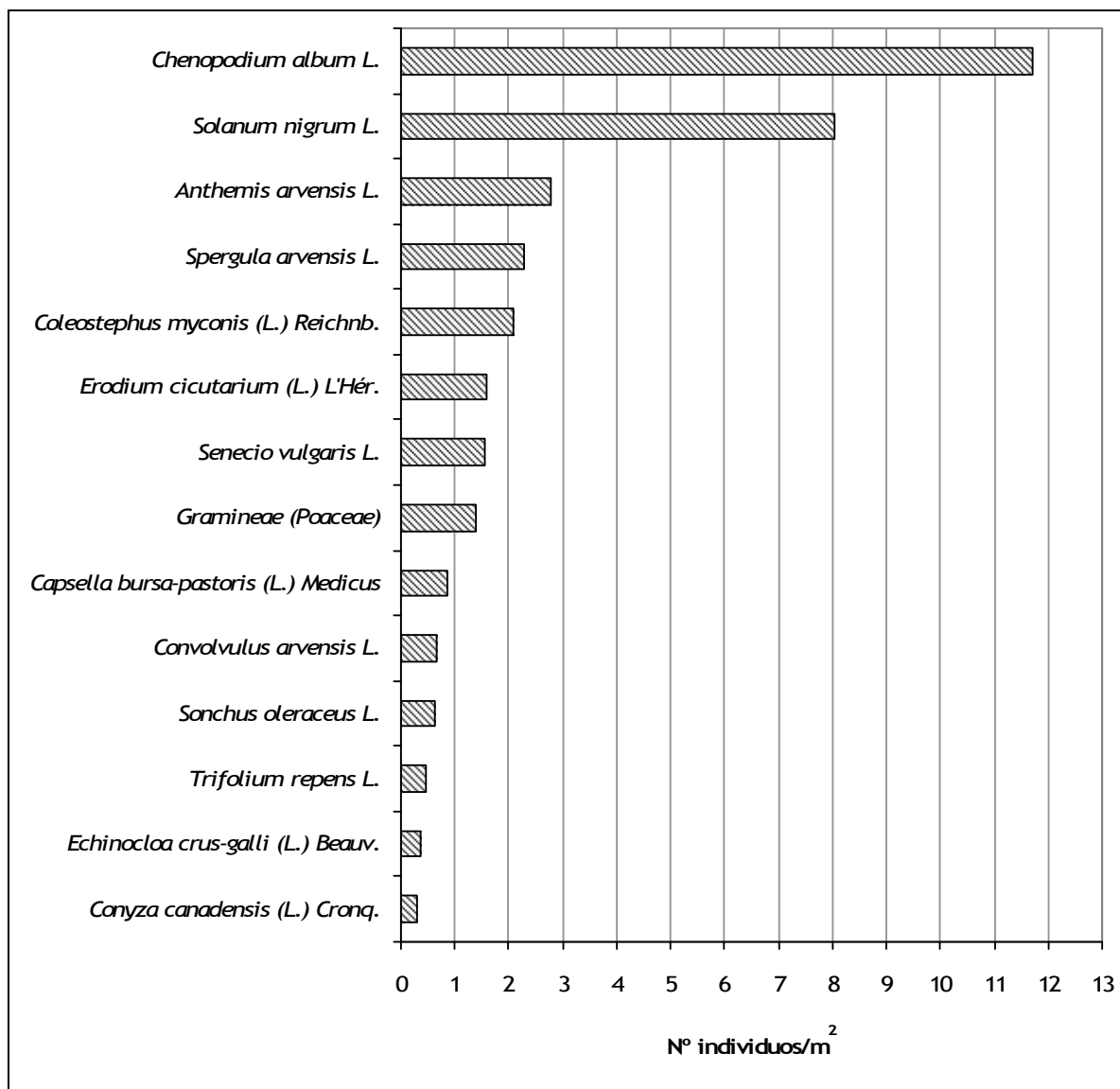


Figura 166. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de setembro do primeiro ano de cultivo (2005).

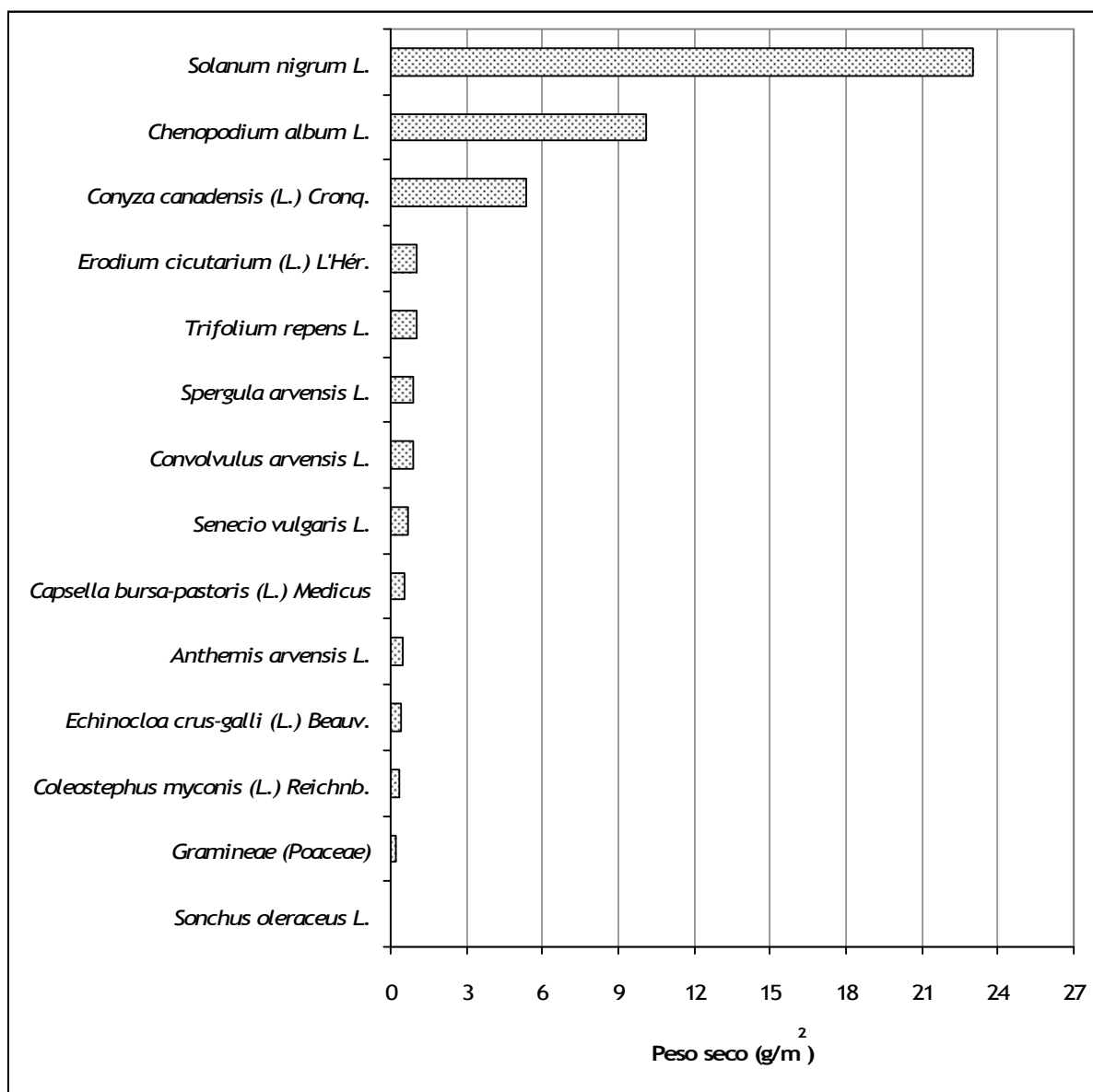


Figura 167. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de setembro do primeiro ano de cultivo (2005)

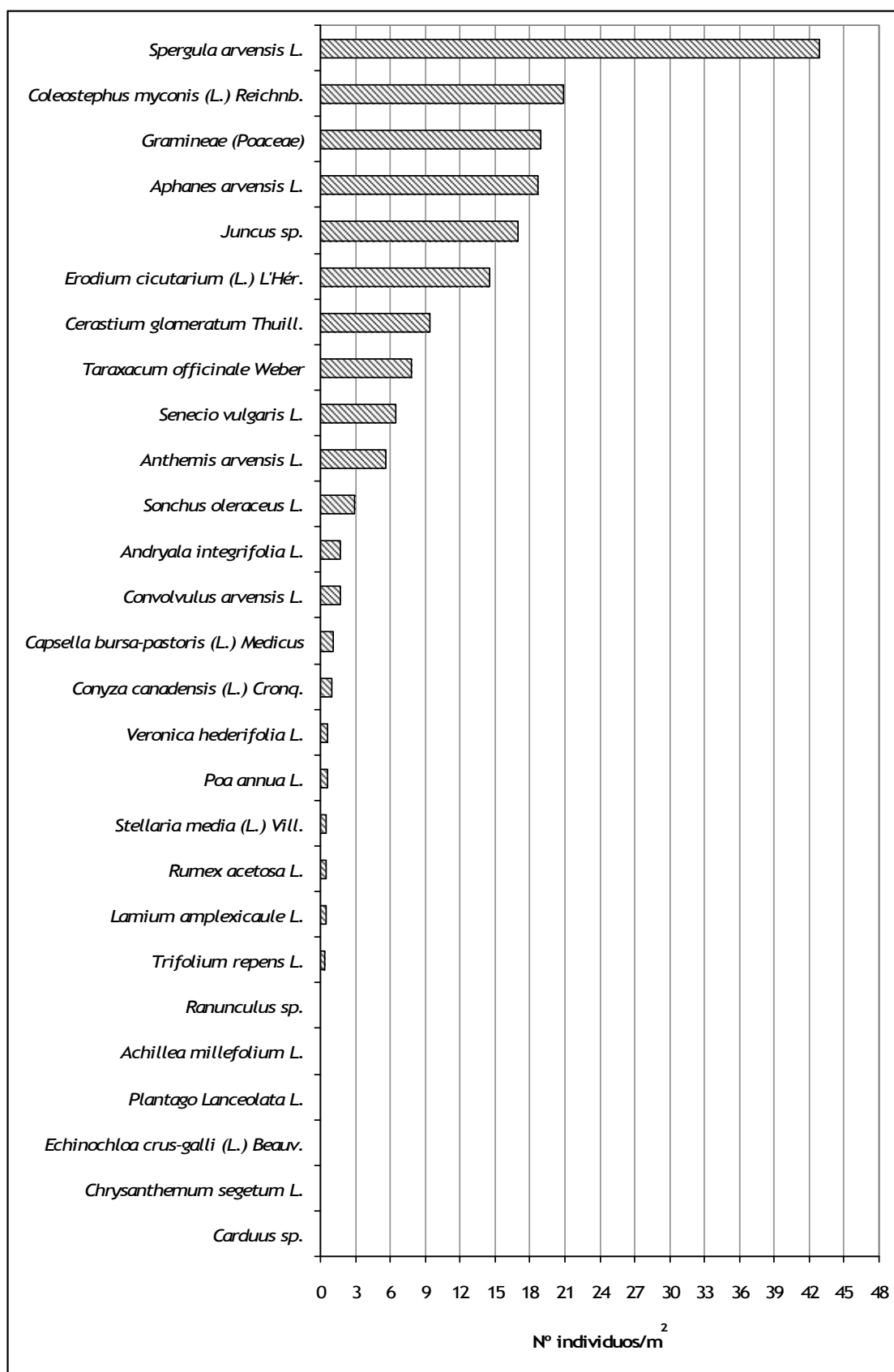


Figura 168. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m<sup>2</sup>) na mostraxe do mes de setembro do segundo ano de cultivo (2006).

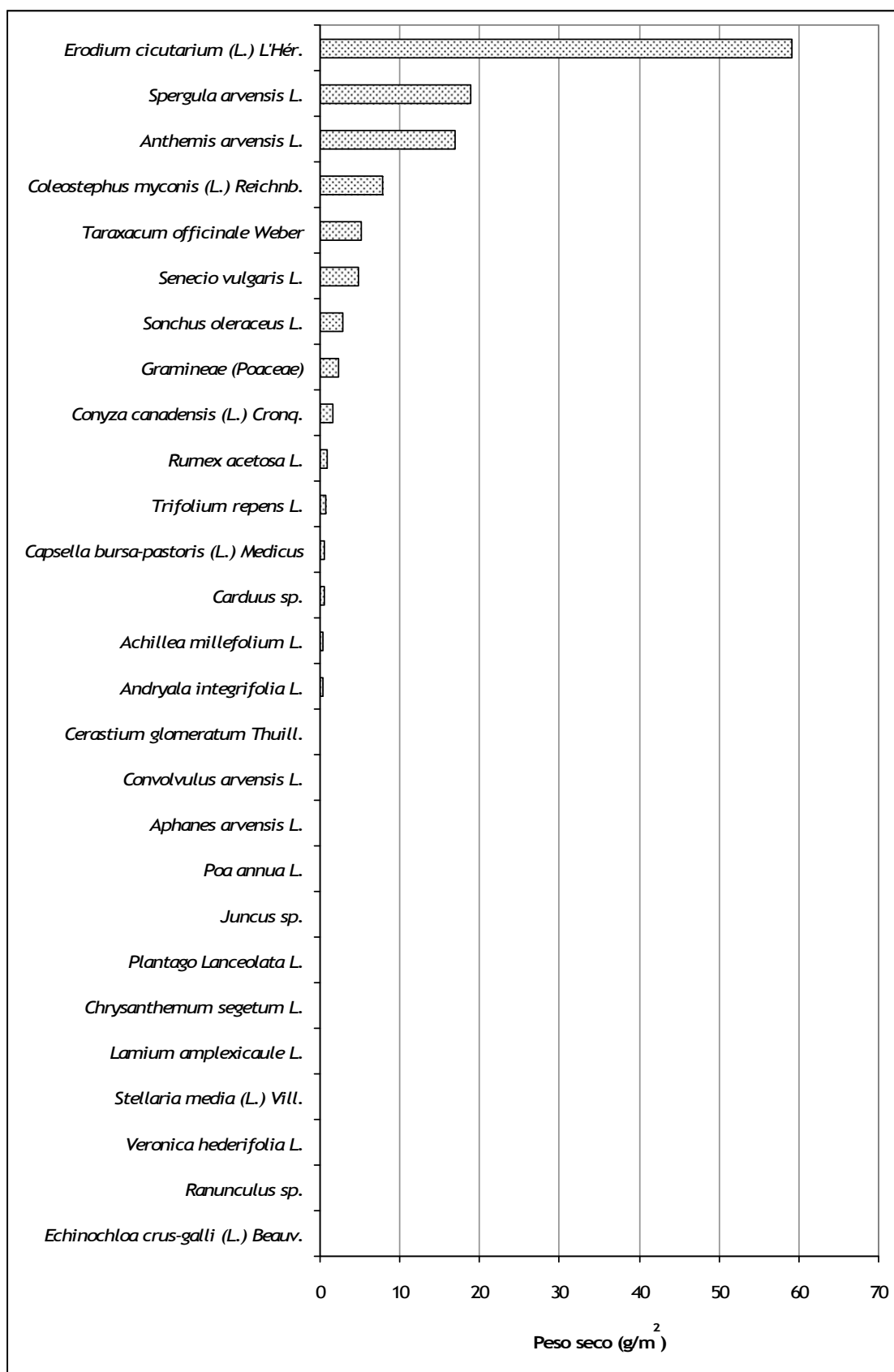


Figura 169. Peso seco (g/m<sup>2</sup>) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de setembro do segundo ano de cultivo (2006).



#### 4.6.2. Comparativa dos tratamentos de acolchado coa escarda manual

Tal e como quedou exposto na introdución, é ben coñecido o efecto positivo dos polietilenos negros sobre o rendemento de diversos cultivos, relacionándoo non so coa súa eficacia sobre o control da flora arvense, sino tamén cun bo mantemento do nivel de humidade e da estrutura del solo, entre outras vantaxes (Díaz Serrano *et al.*, 2001).

Aínda que a malla antiherba resultou tan eficaz como o acolchado plástico de polietileno para o control da flora arvense (Táboas 34 á 37), a produción de planta foi similar á obtida nas parcelas de escarda, o que suxire que os efectos dos tratamentos do ensaio sobre a produción estiveron relacionados con factores diferentes á competencia exercida polas malas herbas sobre o cultivo.

Nas Táboas 38 e 39 preséntanse aquelas especies que se atoparon en densidade acumulada superior a un individuo/m<sup>2</sup> nos distintos tratamentos durante os dous primeiros anos de produción de *E. purpurea*. A especie máis abundante no primeiro ano de cultivo foi *Juncus* sp., seguida de *Solanum nigrum* L. típica flora arvense anual, de cultivos de regadío estivais, *Chenopodium album* L. unha das quince especies de flora arvense máis importantes a nivel mundial (Holm *et al.*, 1977), e *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve

Xa no segundo ano de cultivo as especies máis abundantes foron *Spergula arvensis* L. e *Aphanes arvensis* L., seguidas por *Taraxacum officinale* Weber, *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Chenopodium album* L., *Coleostephus myconis* (L.) Reichenb e *Solanum nigrum* L., especies asociadas aos cultivos do agro galego.

Como resumen de este apartado podemos sinalar que a escarda manual é un método de control que non é demasiado eficaz para o control das especies perennes, as cales presentan órganos subterráneos susceptibles de rebrotar. Algunhas especies anuais tamén resisten á presión da eliminación manual. Si temos en conta que para manter limpa de arvenses unha hectárea de cultivo, unha persoa ten que investir entre 200-400 horas de traballo (González Ponce, 2006), o método de control amósase bastante limitado.

Os acolchados cando se comparan coa escarda manual, resultan moi eficaces no control da maioría de flora arvense asociada o cultivo de equinácea. O aspecto negativo que podemos sinalar e a persistencia nos acolchados con malla antiherba de individuos de *Solanum nigrum*, planta con alcaloides tóxicos tanto nos froitos como nas follas, e que poderían contaminar a planta medicinal cando se colleita.

Táboa 34. Densidade de total de especies de flora arvense (individuos/m<sup>2</sup>) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do primeiro ano de cultivo (2005).

| Tratamentos | Nº individuos/m <sup>2</sup> |           |          |          |
|-------------|------------------------------|-----------|----------|----------|
|             | Maio                         | Xuño      | Xullo    | Setembro |
| ESC         | 85,75 a                      | 1085,67 a | 111,88 a | 33,50 a  |
| MAH         | 1,27 b                       | 15,82 b   | 1,64 b   | 0,50 b   |
| P400        | 0,53 b                       | 6,65 b    | 0,69 b   | 0,21 b   |
| P700        | 0,53 b                       | 6,65 b    | 0,69 b   | 0,21 b   |

Táboa 35. Densidade de total de especies de flora arvense (individuos/m<sup>2</sup>) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do segundo ano de cultivo (2006).

| Tratamentos | Nº individuos/m <sup>2</sup> |         |         |          |
|-------------|------------------------------|---------|---------|----------|
|             | Maio                         | Xuño    | Xullo   | Setembro |
| ESC         | 72,24 a                      | 81,38 a | 36,82 a | 174,42 a |
| MAH         | 0,33 b                       | 0,24 b  | 0,24 b  | 1,34 b   |
| P400        | 0,15 b                       | 0,22 b  | 0,15 b  | 1,21 b   |
| P700        | 0,14 b                       | 0,22 b  | 0,15 b  | 1,21 b   |

Táboa 36. Peso seco acumulado do total de especies de flora arvense (g/m<sup>2</sup>) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do primeiro ano de cultivo (2005).

| Tratamentos | Peso seco g/m <sup>2</sup> |          |         |          |
|-------------|----------------------------|----------|---------|----------|
|             | Maio                       | Xuño     | Xullo   | Setembro |
| ESC         | 5,09 a                     | 105,07 a | 63,16 a | 44,56 a  |
| MAH         | 0,00 b                     | 0,06 b   | 0,04 b  | 0,03 b   |
| P400        | 0,00 b                     | 0,05 b   | 0,03 b  | 0,02 b   |
| P700        | 0,00 b                     | 0,08 b   | 0,05 b  | 0,04 b   |

Táboa 37. Peso seco acumulado do total de especies de flora arvense (g/m<sup>2</sup>) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do segundo ano de cultivo (2006).

| Tratamentos | Peso seco g/m <sup>2</sup> |        |        |          |
|-------------|----------------------------|--------|--------|----------|
|             | Maio                       | Xuño   | Xullo  | Setembro |
| ESC         | 38,5 a                     | 46,5 a | 22,4 a | 123,82 a |
| MAH         | 0,00 b                     | 0,01 b | 0,00 b | 0,02 b   |
| P400        | 0,01 b                     | 0,02 b | 0,00 b | 0,03 b   |
| P700        | 0,00 b                     | 0,00 b | 0,00 b | 0,00 b   |

Táboa 38. Densidade acumulada de especies de flora arvense (nº individuos/m<sup>2</sup>) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do primeiro ano de cultivo.

| Especies                                    | Nº individuos/m <sup>2</sup> |      |      |      |
|---------------------------------------------|------------------------------|------|------|------|
|                                             | ESC                          | MAH  | P400 | P700 |
| <i>Juncus</i> sp.                           | 955,4                        | 12,7 | 6,3  | 6,4  |
| <i>Solanum nigrum</i> L.                    | 114,2                        | 3,7  | 1,0  |      |
| <i>Chenopodium album</i> L.                 | 59,3                         | 1,7  |      |      |
| <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve    | 54,9                         | 1,0  |      | 1,0  |
| <i>Aphanes arvensis</i> L.                  | 33,9                         |      |      |      |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus | 19,5                         |      |      |      |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.        | 12,6                         |      |      |      |
| <i>Coleostephus myconis</i> (L.) Reichnb.   | 11,9                         |      |      |      |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.                | 10,6                         |      |      |      |
| <i>Veronica polita</i> Fries                | 6,6                          |      |      |      |
| <i>Polygonum aviculare</i> L.               | 5,6                          |      |      |      |

Outras especies con 1 individuo/m<sup>2</sup>: *Anagallis arvensis* L., *Anthemis arvensis* L., *Campanula patula* L., *Convolvulus arvensis* L., *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér., *Ornithopus sativus* Brot., *Poa annua* L., *Senecio vulgaris* L., *Spergula arvensis* L. e *Trifolium repens* L.

Táboa 39. Densidade acumulada de especies de flora arvense (nº individuos/m<sup>2</sup>) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do segundo ano de cultivo (2006).

| Especies                                    | Nº individuos/m <sup>2</sup> |      |      |      |
|---------------------------------------------|------------------------------|------|------|------|
|                                             | ESC                          | MAH  | P400 | P700 |
| <i>Spergula arvensis</i> L.                 | 43,25                        | 1,0  | 4,3  | 4,3  |
| <i>Aphanes arvensis</i> L.                  | 41,64                        | 1,0  | 1,0  |      |
| <i>Taraxacum officinale</i> Weber           | 28,25                        |      |      |      |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.        | 27,73                        | 2,5  | 1,0  | 1,2  |
| <i>Chenopodium album</i> L.                 | 27,21                        |      |      |      |
| <i>Coleostephus myconis</i> (L.) Reichnb.   | 25,78                        |      |      |      |
| <i>Solanum nigrum</i> L.                    | 24,16                        | 12,6 |      |      |
| Gramineae (Poaceae)                         | 21,01                        |      |      |      |
| <i>Hypochaeris radicata</i> L.              | 19,56                        |      |      |      |
| <i>Juncus</i> sp.                           | 17,37                        |      |      |      |
| <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.       | 16,41                        |      |      |      |
| <i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.         | 10,65                        |      |      |      |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L.                 | 7,12                         |      |      |      |
| <i>Senecio vulgaris</i> L.                  | 6,50                         |      |      |      |
| <i>Anthemis arvensis</i> L.                 | 6,49                         |      |      |      |
| <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve    | 5,73                         | 1,0  |      |      |
| <i>Lolium perenne</i> L.                    | 5,30                         |      |      |      |
| <i>Trifolium repens</i> L.                  | 5,25                         |      |      |      |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L.              | 4,26                         |      |      |      |
| <i>Lupinus angustifolius</i> L.             | 4,04                         |      |      |      |
| <i>Lotus corniculatus</i> L.                | 3,57                         |      |      |      |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus | 3,37                         |      |      |      |
| <i>Chrysanthemum segetum</i> L.             | 2,74                         |      |      |      |
| <i>Andryala integrifolia</i> L.             | 1,92                         |      |      |      |
| <i>Anagallis arvensis</i> L.                | 1,02                         |      |      |      |

Outras especies con 1 individuo/m<sup>2</sup>: *Ornithopus compressus* L., *Veronica hederifolia* L., *Poa annua* L., *Lamium amplexicaule* L., *Rumex acetosa* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Cardamine hirsuta* L., *Achillea millefolium* L., *Ranunculus* sp., *Rubus* sp., *Carduus* sp., *Echinocloa crus-galli* (L.) Beauv. e *Plantago Lanceolata* L.



## 5. CONCLUSIÓN

1. Os maiores rendementos da parte aérea acadáronse no segundo ano de cultivo, nas bancadas acolchadas cos polietilenos (4,4-4,5 t MS/ha), coincidindo cos máximos valores de altura, número de flores e talos por planta.
2. A presenza de principios activos interesantes dende o punto de vista comercial (alquilamidas, ácido achicórico e ácido caféico) foron significativamente superiores nas flores con respecto a follas e talos. Isto suxire, no que respecta ao aproveitamento da parte aérea, que o manexo do cultivo deberá encamiñarse fundamentalmente á obtención de flor.
3. O rendemento da parte subterránea da equinácea variou de 1,0 a 1,4 t MS/ha e aínda que non se observaron diferenzas significativas entre tratamentos, si atopamos contidos máis elevados de alquilamidas e de ácido achicórico nas bancadas acolchadas cos polietilenos; ademais de caféico e cloroxénico no conxunto dos acolchados (malla antiherba e polietilenos), polo que deberá terse en conta de cara ao cultivo.
4. Os polietilenos inflúen sobre a fenoloxía das plantas de *Echinacea purpurea* favorecendo a precocidade do cultivo e adiantando a floración. Os produtores deberán ter en conta este aspecto á hora planificar os labores de colleita e posterior procesado.
5. Nesta tese apórtanse datos sobre o contido de ácido cloroxénico en *Echinacea purpurea*, que está presente maioritariamente nas raíces e dentro do conxunto aéreo nos talos.
6. Os acolchados (malla antiherba e polietilenos) favoreceron a presenza de alquilamidas nas plantas de *Echinacea purpurea* (parte aérea e subterránea), mentres que as concentracións dos ácidos derivados do ácido caféico, aínda que tenden a ser máis altas nos tratamentos de acolchado na maioría das partes aéreas de *E. purpurea*, aparecen rexistros no primeiro ano de cultivo sen diferenzas significativas entre tratamentos, polo que serían precisos novos ensaios para corroborar esta tendencia.
7. Os acolchados plásticos e a malla antiherba foron os tratamentos máis eficaces no control da flora arvense desenvolvida no cultivo de *Echinacea purpurea*, tanto no que se refire ao número de individuos/m<sup>2</sup>, biomasa de adventicias e frecuencia acumulada nos dous primeiros anos de cultivo avaliados.





## 6. REFERENCIAS

- Abubaker S.M. (2013). Effect of different types of mulch on performance of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under plastic house conditions. *Journal of Food Agriculture & Environment*. 11(2): 684-686.
- ACPPAM (2002). Equinàcia purpúria. *Echinacea purpurea* (L.) Moench. Compostes. Associació Catalana de Productors de Plantes Aromàtiques i Medicinals. *Bulletí* núm. 2: 16-22.
- Adam K.L. (2002). *Echinacea* as an alternative crop. Editado por Richard Earles. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). National Center for Appropriate Technology (NCAT) Business-Cooperative Service, U.S. Department of Agriculture. 11.
- Adinolfi B., Chicca A., Martinotti E., Breschi M.C. e Nieri P. (2007). Sequence characterized amplified region (SCAR) analysis on DNA from the three medicinal *Echinacea* species. *Fitoterapia*. 78: 43-45.
- Aiello N. (2002). Le echinacee coltivate per uso medicinale. ISAFa Comunicazioni di Ricerca dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Villazzano di Trento. 1: 5-13.
- Aiello, N. e Bezzi, A. (1999). La coltivazione delle echinacee destinate alla fitoterapia. *Erboristeria domani*. Juny 1999. 57-68.
- Aiello N., Scartezzini F., Vender C. e Albasini A. (2002a). Influenza della durata della coltura e dell'epoca di raccolta sulla resa e la qualità di specie diverse di *Echinacea* (*Echinacea angustifolia* DC. Var. *angustifolia*, *E. pallida* (Nutt.) Nutt. ed *E. purpurea* (L.) Moench). ISAFa Comunicazioni di Ricerca dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Villazzano di Trento. 1: 15-27.
- Aiello N., Scartezzini F., Vender C. e Albasini A. (2002b). Resa e qualità delle radici di *Echinacea angustifolia* DC. Var. *angustifolia*, *E. pallida* (Nutt.) Nutt. ed *E. purpurea* (L.) Moench trapiantate in due diverse epoche e raccolte dopo tre anni di coltivazione. ISAFa Comunicazioni di Ricerca dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura. Villazzano di Trento. 1: 29-35.
- Albasini A., Rastelli G., Costantino L., Gamberini M.C., Vender C. e Scartezzini F. (1998). *Echinacea purpurea* tilled in Italy: total polyphenols and alkamides contents. *Fitoterapia*. LXIX (5).
- Amlid T.S. (1989). Vegetative growth and development of norwegian *Poa pratensis* L. ecotypes as influenced by temperature and photoperiod. XVI International Grassland Congress.
- Anzalone A., Cirujeda A., Aibar J., Pardo G. e Zaragoza C. (2010). Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. *Weed Technology*. 24(3): 369-377.
- Anuario climatológico de Galicia (2004). Consellería de Medio Ambiente. Dirección Xeral de Desenvolvemento Sostible. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. 117. <http://www.xunta.es/conselle/cma.index.htm>
- Anuario climatológico de Galicia (2005). Consellería de Medio Ambiente de Desenvolvemento Sostible. Dirección Xeral de Desenvolvemento Sostible. Xunta de Galicia. 121. <http://medioambiente.xunta.es/>
- Applequist W.L. e Miller J.S. (2013). Selection and authentication of botanical materials for the development of analytical methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 405:4419-4428.
- Ashrafuzzaman M., Halim M.A., Ismail M.R., Shahidullah S.M. e Hossain M.A. (2011). Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 54(2): 321-330.
- Ashworth S. e Harrison H. (1983). Evaluation of mulches for use in the home garden. *HortScience*. 18 (2): 180-182.
- Bakht T. e Khan I.A. (2014). Weed control in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) through mulching and herbicides. *Pakistan Journal of Botany*. 46(1): 290-293.
- Barnes J., Anderson L.A. e Phillipson D. (2005). Plantas medicinales. Pharma Editores, S.L. 1ª edición. 568.
- Barnickel, I. (1985). *Echinacea*-arten als heilpflanzen und der anbau von *Echinacea purpurea* Moench in Schwebheim. Diplomarbeit am Fachbereich Biologie und Chemie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nurnberg ubter der Leitung von prof. Dr. C.G. Arnold.
- Barrett B. (2003). Medicinal properties of *Echinacea*: a critical review. *Phytomedicine*. 10: 66-86.

- Bauer R. (1998). *Echinacea*: Biological effects and active principles. En: ACS (American Chemical Society). Symposium series 691. Phytomedicines of Europe. Chemistry and biological activity. Edited by Larry D. Lawson and Rudolf Bauer. 140-157.
- Bauer R. (1999a). Chemistry, analysis and immunological investigations of *Echinacea* phytopharmaceuticals. En: Immunomodulatory agents from plants. H. Wagner (Ed.). Birkhauser Verlag, Basel. 41-88.
- Bauer R. (1999b). *Echinacea*: Chemistry and analytical issues. En AHPA (American Herbal Products Association). International *Echinacea* Symposium Proceedings. Silver Spring, MD: American Herbal Products Association, 1999a (Vol. 3).
- Bauer R. e Remiger P. (1989). TLC and HPLC analysis of alkaloids in *Echinacea* drugs. *Planta Medica*. 55: 367-371.
- Bauer R. e Wagner H. (1990). *Echinacea*. Handbuch für Ärzte, Apotheker und andere naturwissenschaftler. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. Verlag-Ges. Stuttgart.
- Bauer R. e Wagner H. (1991). *Echinacea* species as potential immunostimulatory drugs. En: H. Wagner e N.R. Farnsworth (eds.). Economic and Medicinal Plant Research. Vol. 5. Academic Press. New York. 254-321.
- Bauman H. (1988). Aplicación de plásticos a la agricultura. Ediciones Blume. Barcelona. 171-210.
- Beloborodov V.L., Zakharova N.G., Savvateev A.M., Kolkhir V.K. e Voskoboinikova I.V. (2011). Separation and identification of components of the multi-component herbal drug prostanorm. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 45(9): 556-559.
- Berbec S., Krol B. e Wolski T. (1998). The effect of soil and fertilization on the biomass and phenolic acids content in coneflower (*Echinacea purpurea* Moench.). *Herba Polonica*. 44: 397-402.
- Bergeron Ch., Livesey J.F., Awang D.V.C., Arnason J.T., Rana J., Baum B.R. e Letchamo W. (2000). A quantitative HPLC method for the quality assurance of *Echinacea* products on the north American Market. *Phytochemical Analysis*. 11: 207-215.
- Berti M., Wilckens R., Fischer S. e Hevia F. (2002). Effect of harvest season, nitrogen, phosphorus and potassium on root yield, echinacoside and alkaloids in *Echinacea angustifolia* L. in Chile. *Acta Horticulturae*. 576: 303-310.
- Beuscher N., Bodinet C., Willigmann I. e Egert D. (1995). Immunodulierende eigenschaften von wurzelextrakten verschiedener *Echinacea*-arten. *Zeitschrift für Phytotherapie*. 16: 157-157.
- Biesiada A., Kucharska A. e Sokół-Ł. towska A.S. (2006). Wpływ formy i dawki azotu na plonowanie oraz skład chemiczny jeńki purpurowej (*Echinacea purpurea* Moench.) w pierwszym i drugim roku po posadzeniu. *Acta Agrophysica*. 7(4): 829-838.
- Binns S.E., Purgina B., Bergeron C., Smith M.L., Ball L., Baum B. R. e Arnason J.T. (2000). Light-mediated antifungal activity of *Echinacea* extracts. *Planta Medica*. 66: 241-244.
- Binns S.E., Arnason J.T. e Baum B. R. (2002a). Phytochemical variation within populations of *Echinacea angustifolia* (Asteraceae). *Biochemical Systematics and Ecology*. 30: 837-854.
- Binns S.E., Hudson J., Merali S. e Arnason J.T. (2002b). Antiviral activity of characterized extracts from *Echinacea* ssp. (Heliantheae: Asteraceae) against Herpes simplex virus (HSV-1). *Planta Medica*. 68: 780-783.
- Blank A.F., Sant'ana T.C.P., Santos P.S., Arrigoni-Blank M.F., do Nascimento Prata A.P., Jesus H.C.R. e Alves P.B. (2011). Chemical characterization of the essential oil from patchouli accessions harvested over four seasons. *Industrial crops and Products*. 34(1): 831-837.
- Bodinet C. e Beuscher N. (1991). Antiviral and immunological activity of glycoproteins from *Echinacea purpurea* radix. *Planta Medica*. 57 (Suppl. 2): A33:34.
- Bomme U. (1986). Kulturanleitung für sonnenhut. Merkblätter für pflanzenbau der Bayerische Landanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau. Heil-und Gewürzpflanzenbau.
- Bomme U. (2000). Produktionstechnologie von sonnenhut *Echinacea purpurea* (L.) Moench., *E. pallida* (Nutt) Nutt. und *E. angustifolia* DC. Bavarian State Research Centre for Agronomy. Freising. Germany.
- Bomme U. e Nast D. (1998). Nährstoffentzug und ordnungsgemäße Düngung im Feldanbau von Heil-und Gewürzpflanzen. *Zeitschrift für Arznei & Gewürzpflanzen*. 3: 82-90.
- Bomme U. e Wurzing A. (1990). Nmin-Bodenuntersuchungs-ergebnisse im Heil-und Gewürzpflanzenbau. *Gemüse*. 3: 176-178.
- Bonanno A.R. e Lamont Jr. W.J. (1987). Effect of polyethylene mulches, irrigation method, and row covers on soil and air temperature and yield of muskmelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 112 (5): 735-738.
- Bonomelli C., Cisterna D. e Reciné C. (2005). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la composición mineral de *Echinacea purpurea*. *Ciencia e Investigación Agraria* 32(2). 105-112.

- Borchers A.T., Keen C.L., Stern J.S. e Gershwin M.E. (2000). Inflammation and native american medicine: the role of botanicals. *American Journal of Clinical Nutrition*. 72: 339-347.
- Brevoort P. (1996). The U.S. botanical market: an overview. *HerbalGram*. 36:49.
- Brevoort P. (1998). The booming U.S. botanical market: a new overview. *HerbalGram*. 44: 33-46.
- Buján M., Castela A.M. e Saínez M.J. (1995). Malas hierbas en cultivo ecológico de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) en Galicia: primeros resultados. *Actas del Congreso 1995 de la Sociedad Española de Malherbología*. Huesca: 83-86.
- Callan N.W., Yokelson T., Wall-MacLane S., Westcott M.P., Miller J.B. e Ponder G. (2005). Seasonal trends and plant density effects on cichoric acid in *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 11(3): 35-46.
- Capasso F., Gaginella T.S., Grandolini G. e Izzo A.A. (2003). *Phytotherapy*. Springer. 424.
- Carballeira A., Devesa C., Retuerto R., Santillán E. e Uceda, F. (1983). *Bioclimatología agrícola de Galicia*. Ed. Fundación Pedro Barrié de la maza. 98.
- Charlebois D. (2007). Elderberry as a medicinal plant. *Issues in New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA. 284-292.
- Carrubba A. e Militello M. (2013). Nonchemical weeding of medicinal and aromatic plants. *Agronomy for sustainable development*. 33(3): 551-561.
- Castroviejo S., Laínz J. e López-González (eds.) (1986-2007). *Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Real Jardín Botánico. Madrid. CSIC.
- Cech R. e Cech S. (2002). Growing at-risk medicinal herbs. *Cultivation, conservation and ecology*. Horizon Herbs. Williams. Oregon. 314.
- Chang K.F., Howard R.J., Gaudiel R.G. e Hwang S.F. (1997). First Report of *Sclerotinia sclerotiorum* on Coneflower. *Plant Disease*. 81(9):1093-1093.
- Chapman H.D. e Pratt P.F. (1984). *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Trillas. México.
- Chen C.L., Zhang, S.C. e Sung J.M. (2008). Biomass and caffeoyl phenols production of *Echinacea purpurea* grown in Taiwan. *Experimental Agriculture*. 44: 497-507.
- Chen Y., Bracy R.P., Owings A.D. e Quebedeaux J.P. (2011). Controlled-release fertilizer type and rate affect landscape establishment of seven herbaceous perennials. *HortTechnology*. 21(3): 336-342.
- Cirujeda A., Aibar J., Zaragoza C., Anzalone A., Gutierrez M., Fernández-Cavada S., Pardo A., Suso M.L., Royo A., Martín L., Moreno M.M., Moreno A., Meco R., Lahoz I. e Macua J.I. (2007). Evaluación de acolchados para el control de la flora arvense en el cultivo de tomate. En: XI Congreso SEMh. La malherbología en los nuevos sistemas de producción agraria. Mansilla J., Artigao A. y Monreal J. A. (eds.). 217-221.
- Clarkson V.A. e Frazier B. (1960). Effect of black polyethylene mulch on soil and microclimate temperature and nitrate level. *Agronomy Journal*. 52:307-309.
- Clifford L.J., Nair M.G., Rana J. e Dewitt D.L. (2002). Bioactivity of alkaloids isolated from *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Phytomedicine*. 9: 249-253.
- Coltrain D. (2001). Economic issues with *Echinacea*. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service. MF-2532. 5.
- Commonwealth Secretariat (2001). A guide to the european market for medicinal plants and extracts. 130.
- Costa R., Saraiva A., Carvalho L. e Duarte E. (2014). The use of biodegradable mulch films on strawberry crop in Portugal. *Scientia Horticulturae*. 173: 65-70.
- Costa Morais E.R., Maia C.E., Zuleide de Negreiros M. e Bezerra de Araújo Junior B. (2010). Crescimento e produtividade do meloeiro Torreon influenciado pela cobertura do solo. *Acta Scientiarum-Agronomy*. 32(2): 301-308.
- Csedö K. (1980) *Echinacea purpurea* (L.) Moench, in Hargita megye gyógy- és fűszernövényei Tipografia. Tírgu Mures, Romania. 271-272.
- Dachler P. e Pelzmann M. (1999). *Arznei-und Gewürzpflanzen*. Österreichischer Agrarverlag. Wien.
- Davies B.E. e Jones L.H.P. (1988). Micronutrients and toxic elements. En: A. Wild (ed.). *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*. 11<sup>a</sup> edition. Longman. UK. 780-814.
- Day P.R. (1965). Particle fractionation and particle-size analysis. En: *Methods of soil analysis*. Part 1. American Society of Agronomy, Madison EI. 545-567.
- de Falco E., de Feo V., Zaccardelli M., de Nicola F. e Tarangelo M. (2006). Effects of different vegetal mulching on *Rosmarinus officinalis* L.: First results. *Acta Horticulturae*. 723: 447-452.
- de Lucena R.R.M., de Negreiros M.Z., de Medeiros J.F., Batista T.M.D., Bessa A.T.M. e Lopes W.D.R. (2013). Dry mass and nutrients accumulation by tomato 'SM-16' cultivated in different mulching. *Horticultura Brasileira*. 31(3): 401-409.



- Demirsoy L., Demirsoy H. e Balci G. (2012). Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. *Pakistan Journal of Botany*. 44(1):125-129.
- di Carlo G., Nuzzo I., Capasso R., Sanges M.R., Galdiero E., Capasso F. e Carratelli C.R. (2003). Modulation of apoptosis in mice treated with *Echinacea* and St. John's wort. *Pharmacological Research*. 48(3): 273-277.
- Díaz de la Guardia M. (2004). Fisiología de las plantas. Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba. 276.
- Díaz T., Espí E., Fontecha A., Jiménez J.C., López J. e Salmerón A. (2001). Los filmes plásticos en la producción agrícola. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 275-283.
- Díaz-Pérez J.C., Gitaitis R. e Mandal B. (2007). Effects of plastic mulches on root zone temperature and on the manifestation of tomato spotted wilt symptoms and yield of tomato. *Scientia Horticulturae*. 114: 90-95.
- Dou D., Cui S., Cao Y., Yan Y. e Fei S. (2001). Assaying of cichoric acid in introducing plant *Echinacea purpurea*. *Zhongcaoyao*. 32: 987-988.
- Dubois P. (1980). Los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 107-119.
- Dufault R.J., Rushing J., Hassell R., Shepard B.M., McCutcheon G. e Ward B. (2003). Influence of fertilizer on growth and marker compound of field-grown *Echinacea* species and feverfew. *Scientia Horticulturae*. 98: 61-69.
- Dunne T. e Leopold L.B. (1978). The water balance. En: *Water in environmental planning*. New York. W. H. Freeman and Company. Cop. 818.
- Ebert k. (1982). Sonnehut, schmalblättriger (*Echinacea angustifolia* DC.). En: *Arznei-und Grewurzpflanzen, ein leitfaden für anbau und ammlung*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. Stuttgart.
- Epstein E. (2005). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Emanuel Epstein and Arnold J. (eds.). Bloom. 400.
- Estadísticas de agricultura ecológica (2006). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Industria Agroalimentaria y Alimentación. Subdirección General de Calidad Agroalimentaria y Agricultura Ecológica.
- Estadísticas de agricultura ecológica (2011). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Industria Agroalimentaria y Alimentación. Subdirección General de Calidad Agroalimentaria y Agricultura Ecológica.
- Eurostat (2014). Eurostat handbook for annual crop statistics. European Commission. Eurostat. Directorate: Sectoral and regional statistics. Unit E-1: Agriculture and fisheries. Revision 2014. 86.
- Fan L., Roux V., Dubé C., Charlebois D., Tao S. e Khanizadeh S. (2012). Effect of mulching systems on fruit quality and phytochemical composition of newly developed strawberry lines. *Agricultural and food science*. 21 (2): 132-140.
- Fernández J.L., Romero R. e Rigueiro, A. (1994). Populations de mauvaises herbes et leur contrôle dans des plantations de framboisier (*Rubus idaeus* L.) en Galicia. En: *Proceedings 5th EWRS Mediterranean Symposium*, Perugia (Italy). 303-310.
- Flannery M.A. (1999). From *Rudbeckia* to *Echinacea*: the emergence of the purple coneflower in modern therapeutics. *Pharmacy in History*. 41: 52-59.
- Fonseca F.N., Papanicolaou G., Lin H., Lau C.B.S., Kennelly E., Cassileth B.R. e Cunningham-Rundles S. (2014). *Echinacea Purpurea* L. modulates human t-cell cytokine response. *International Immunopharmacology*. 19(1): 94-102.
- Fontanetti M., Santos M, Morgor A.F. e Goto R. (2001). Production of iceberg lettuce using mulches. *Scientia Agricola*. 58 (4): 737-740.
- Foster S. (1991). *Echinacea: nature's immune enhancer*. Healing Arts Press. Rochester. V.T.
- Fránová J., Píbylová, J. e Petrzik K. (2009). Purple coneflower with reddening and phyllody: a new host of clover phyllody phytoplasma. *European Journal of Plant Pathology*. 123: 85-90.
- Franz Ch. (1983). Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. *Acta Horticulturae*. 132: 203-215.
- Freeman C. e Spelman K. (2008). *Molecular Nutrition & Food Research*. Special Issue: Herb-Drug Interactions: Theory versus Practice/25 Years Food Chemistry and Toxicology at the University of Kaiserslautern. 52(7): 789-798.
- Fuentes R. (2007). Agrosistemas sostenibles y ecológicos. La reconversión agropecuaria. Universidade de Santiago de Compostela. 250.
- Gabriel E.L., Lotti H., Benito R.M. e Larroque O.R. (1994). Effect of mulch color on yield of fresh-market tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Acta Horticulturae*. 357: 243-250.
- Galambosi B. e Szebeni-Galambosi Z. (1992). The use of black plastic mulch and ridges in the production of herbicide free herbs. *Acta Horticulturae*. Medicinal and Aromatic Plants. 306: 353-356.

- Galambosi B., Palevitch D., Simon E. e Mathe A. (1993). Introduction of *Echinacea purpurea* and *Leuzea charthamoides* into cultivation in Finland. *Acta Horticulturae*. 331: 169-178.
- Galambosi B., Galambosi Z.S., Pessala R., Repcak M., Hupila I. e Aflatuni A. (2002). Yield and quality of selected herb cultivars in Finland. *Acta Horticulturae*. 576: 139-149.
- Galambosi B. (2004). Cultivation in Europe. En: *Echinacea*. The genus *Echinacea*. Sandra Carol Miller and He-ci Yu (eds.). Medicinal and aromatic plants. Industrial profiles. CRC PRESS. 29-52.
- Galambosi B., Galambosi Z., Uusitalo M. e Heinonen A. (2009). Effects of plant sex on the biomass production and secondary metabolites in roseroot (*Rhodiola rosea* L.) from the aspect of cultivation. *Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen*. 14(3): 114-121.
- Gaussen H. (1954). Théorie et classification des climats et microclimats. VIII Congrès International de Botanique. 2-14 July 1954, Paris. 7(3): 125-130.
- German Commission E. (1992). Monograph. *Echinaceae purpureae radix*. Bundesanzeiger. 162: 29.
- Goel V., Chang C., Slama J.V., Barton R., Bauer R., Gahler R. e Basu T.K. (2002). Alkylamides of *Echinacea purpurea* stimulate alveolar macrophage function in normal rats. *International Immunopharmacology*. 2: 381-387.
- González-Hernández M.P., Barros R.M. e Romero Franco R. (2013). Effects of inorganic mulches on *Achillea millefolium* L. sesquiterpene lactones. *European Journal of Medicinal Plants*. 3(2): 163-173.
- González Ponce R. (2006). Métodos para el control de malas hierbas. (I) Culturales. Hojas Divulgadoras. MAPA nº 2119HD.
- Gosar B. e Baricevic D. (2011). Incorporation of a ridge – furrow – ridge rainwater harvesting system with mulches in high value plant production. *Irrigation and Drainage*. 60: 518-525.
- Gosar B., Tajnsek A., Udovc e Baricevic, D. (2010). Evaluating a new ridge and furrow rainfall harvesting system with two types of mulches. *Irrigation and Drainage*. 59:356-364.
- Gray D.E., Pallardy S.G., Garrett H.E. e Rottinghaus G.E. (2003). Acute drought stress and plant age effects on alkamide and phenolic acid content in purple coneflower roots. *Planta Medica*. 69(1): 50-55.
- Greene L.A., Isaac I., Gray D.E. e Schwartz S.A. (2007). Streamlining plant sample preparation: the use of high-throughput robotics to process *Echinacea* samples for biomarker profiling by MALDI-TOF mass spectrometry. *Journal of Biomolecular Techniques*. 18: 238-244.
- Guillerm J.L. e Maillet J. (1982). Western mediterranean countries from Europe. En: *Biology and Ecology of Weeds*. 227-243. Eds Hozner & Numata, The Hague, Netherlands.
- Gutián F. e Carballas T. (1976). Técnicas de análisis de suelos. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- Haefeli W.E. e Carlsa A. (2014). Drug interactions with phytotherapeutics in oncology. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*. 10(3): 359-377.
- Hanf M. (1982). Les adventices d'Europe leurs plantules, leurs semences. Ed. BASF. Ludwigshafen.
- Harborne J.B. e Williams C.A. (2004). Phytochemistry of the genus *Echinacea*. En: *Echinacea*. The genus *Echinacea*. Sandra Carol Miller and He-ci Yu (eds.). Medicinal and aromatic plants. Industrial profiles. CRC PRESS. 55-71.
- He X., Lin L., Bernart M.W. e Lian L. (1998). Analysis of alkamides in roots and achenes of *Echinacea purpurea* by liquid chromatography-electrospray mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 815: 205-211.
- Heeger E.F. (1956). Sonnehut-Arten, in handbuch des arznei-und gewurzpflanzenbaues: drogengewindung, Deutschland Bauerverlag. Berlin. 388-393.
- Himelrick D.G., Dozier W.A. Jr., Akridge J.R., Maas J.L. e Galletta G.J. (1993). Effect of mulch type in annual hill strawberry plasticulture systems. *Acta Horticulturae*. 348: 207-212.
- Hobbs C. (1989). The *Echinacea* handbook. Eclectic Medical Publications. Portland. OR. 1-7.
- Hobbs C. (1995). *Echinacea: the immune herb!*. Botanica Press. Santa Cruz. CA.
- Hodgson J. (1983). The principles of grazing management. The Principles of Agriculture. Ed. Speding. 21, 431-440.
- Hoeberechts J., Nicola S. e Fontana E. (2004). Growth of lavender (*Lavandula officinalis*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in response to different mulches. *Acta Horticulturae (ISHS)*. 629: 245-251.
- Horst R.K. (2013). Field Manual of diseases on grasses and native plants. Springer.
- Hou X.Y., Wang F.X., Han J.J., Kang S.Z. e Feng S.Y. (2010). Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 150(1): 115-121.
- Hu C. e Kitts D.D. (2000). Studies on the antioxidant activity of *Echinacea* root extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 1466-1472.
- Hudson J., Vimalanathan S., Kang L., Amiguet V.T., Livesey J. e Arnason J.T. (2005). Characterization of antiviral activities in *Echinacea* root preparations. *Pharmaceutical Biology*. 43(9): 790-796.

- Hudson J. e Vimalanathan S. (2011). *Echinacea*-A source of potent antivirals for respiratory virus infections. *Pharmaceuticals*. 4(7): 1019-1031.
- Hudson J.B. (2012). Applications of the phytomedicine *Echinacea purpurea* (purple coneflower) in infectious diseases. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. Article ID 769896. 1-16.
- Hwang S.F., Chang K.F., Howard R.J., Khadhair A.H., Gaudiel R.G. e Hiruki C. (1997). First report of a yellows phytoplasma disease in purple coneflower (*Echinacea* spp.) in Canada. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz- Journal of Plant Diseases and Protection*. 104(2): 182-192.
- Joshi D.D. (2012). UV-Vis. Spectroscopy: Herbal Drugs and Fingerprints. En *Herbal Drugs and Fingerprints*. Springer India. 101-120.
- Kabata-Pendias A. (2001). Trace elements in soils and plants. Third edition. CRC PRESS. 413.
- Kandala J.C., Sharma D. e Rathore V.S. (1974). Iron – manganese and zinc – manganese interactions in maize seedlings. En: *Proceeding use radioactive radioisotope studies plant products symposium*. Bhabha Atom Research Centre. Bombay. India. 379-389.
- Kapteyn J., Goldsbrough P.B. e Simon J.E. (2002). Genetic relationships and diversity of commercially relevant *Echinacea* species. *Theoretical and Applied Genetics*. 105 (2-3): 369-376.
- Karsch-Völck M., Barrett B., Kiefer D., Bauer R., Ardjomand-Woelkart K. e Linde K. (2014). *Echinacea* for preventing and treating the common cold (Review). *The Cochrane Collaboration*. Published by John Wiley & Sons, Ltd. The Cochrane Library 2014. 2: 1-90.
- Karsch-Völck M., Barrett B. e Linde K. (2015). *Echinacea* for Preventing and Treating the Common Cold. *The Journal of the American Medical Association*. 313(6): 618–619.
- Kasirajan S. e Ngouajio M. (2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 32(2): 501-529.
- Kelly J.P., Kaufman D.W., Kelly K., Rosenberg L., Anderson T.E. e Mitchell A.A. (2005). Recent trends in use of herbal and other natural products. *Archives of Internal Medicine* 165: 281-286.
- Khan M., D'Amelio Sr F., Y Mirhom Y. e Graziose, R. (2015). Determination of adulteration in *Echinacea* spp. by principal component analysis of UV spectra. *Planta Medica*. 81(11): 931-931.
- Kijchavengkul T., Auras R., Rubino M., Ngouajio M. e Fernández R.T. (2008). Assessment of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films. Part I: Field study. *Chemosphere*. 71(5): 942–953.
- Kim H., Durance T.D., Scaman C.H. e Kitts D.D. (2000a). Retention of caffeic acid derivatives in dried *Echinacea purpurea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 4182-4186.
- Kim H., Durance T.D., Scaman C.H. e Kitts D.D. (2000b). Retention of alkamides in dried *Echinacea purpurea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 4187-4192.
- Kindscher K. (1989). Ethnobotany of purple coneflower (*Echinacea angustifolia*, Asteraceae) and other *Echinacea* species. *Economic Botany*. 43: 498-507.
- Kindscher K. e Riggs M. (2006). Cultivation of *Echinacea angustifolia* and *Echinacea purpurea*. En: *The conservation status of Echinacea species*. Kelly Kindscher (ed.). Kansas Biological Survey. University of Kansas. 162-176.
- Kordana S., Kucharski W., Mordalski R. e Zalecki R. (1996). Broadleaf weed and grass weed control in purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). *Herba Polonica*. 42: 16-20.
- Kordana S., Kucharski W., Nowak D. e Zalecki R. (1998). Research on cultivation of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.). *Herba Polonica*. 44: 108-113.
- Kosterna E., Zaniewicz-Bajkowska A., Rosa R., Franczuk J., Borysiak-Marciniak I. e Chromi ska K. (2010). Effect of black synthetic mulches on the fruit quality and selected components of nutritive value of melon. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum- Hortorum Cultus*. 9(3): 27-36.
- Kraus G.A. e Bae J. (2003). Synthesis of N-(2-methylpropyl)-2E-undecene-8,10-diynamide, a novel constituent of *Echinacea angustifolia*. *Tetrahedron Letters*. 44: 5505-5506.
- Kreft S. (2005). Cichoric acid content and biomass production of *Echinacea purpurea* plants cultivated in Slovenia. *Pharmaceutical Biology*. 43(8): 662-665.
- Kreft S. (2014). Comunicación persoal.
- Kristiansen P., Sindel B.M. e Jessop R.S. (2008). Weed management in organic echinacea (*Echinacea purpurea*) and lettuce (*Lactuca sativa*) production. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 23(02): 120-135.
- Kucharski W.A. (1997). Anbautechnologie und Pflanzenschutz von *Echinacea purpurea* (L.) Moench, *Drogenreport*. 10(16): 33-36.
- Kucharski W.A. (2000). Herbizidversuche mit Arzneipflanzen in Polen. *Drogenreport*. 13(24): 41-44.
- Laasonen M., Harmia-Pulkkinen T., Simard C.L., Michiels E., Räsänen M. e Vuorela H. (2002). Fast identification of *Echinacea purpurea* dried roots using near-infrared spectroscopy. *Analytical Chemistry*. 74: 2493-2499.
- Lamont Jr. W.J. (1993). Plastic mulches for production of vegetable crops. *HortTechnology*. 3: 35-39.





- Lange D. (2004). Medicinal and aromatic plants: trade, production and management of botanical resources. En: XXVI International Horticultural Congress: The Future for medicinal and aromatic plants. Craker L.E., Simon J.E., Jatisatienr A. e Lewinsohn E. (eds.). Toronto, Canada. Acta Horticulturae 629. 177-197.
- Lange D. (2006). International trade in medicinal and aromatic plants. En: Medicinal and aromatic plants. Agricultural, commercial, ecological, legal, pharmacological and social aspects. 155-170.
- Letchamo W., Livesey J., Arnason T.J., Bergeron C. e Krutilina V.S. (1999). Cichoric acid and isobutylamide content in *Echinacea purpurea* as influenced by flower developmental stages. En: Perspectives on new crops and new uses. Janick J. (ed.). Alexandria. VA. ASHS. Press. 494-498.
- Letchamo W., Polydeonny L.V., Gladisheva N.O., Arnason T.J., Livesey J. e Awang D.V.C. (2002). Factors affecting *Echinacea* quality. En: Trends in new crops and new uses. J. Janick e A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA. 514-521.
- Lersch C., Zeuner M., Bauer A., Siemens M., Hart R., Drescher M. e Classen M. (1992). Nonespecific immunostimulation with low doses of cyclophosphamide (LDCY), thymostimulin, and *Echinacea purpurea* extracts (Echinacin) in patients with far advanced colorectal cancers: Preliminary results. Cancer investigation. 10(5): 343-348.
- Li, T.S.C. (1994). Use of stinging nettle as a potencial organic fertilizer for herbs. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 2: 93-98.
- Li, T.S.C. (1996). Nutrient weeds as soil amendmets for organically grown herbs. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 4: 3-8.
- Li, T.S.C. (1998). *Echinacea*: cultivation and medicinal value. HortTechnology. 8 (2): 122-129.
- Liakatas A., Clark J.A. e Monteith J.L. (1986). Measurements of the heat balance under plastic mulches. Agr Forest Meteorol. 36: 227-239.
- Libik A.P., Siwek P., Babik I. e Rumpel J. (1994). Changes in soil temperature affected by the application of plastic covers in field production of lettuce and water melon. Acta Horticulturae. 371: 269-273.
- Lippert W. e Podlech D. (1991). Gran guía de la naturaleza. Flores. Editorial Everest. S. A.. 254.
- Liu Y.-C., Zeng J.-G., Chen B. e Yao S.-Z. (2007). Investigation of phenolic constituents in *Echinacea purpurea* grown in China. Planta medica. 73(15): 1600-1605.
- Loaiza J., Valverde R., Cartín V. e Gómez L. (2005). Producción de *Echinacea purpurea* en tres localidades de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 29(3): 59-66.
- Loaiza J., Valverde R., Rodríguez, G. e Molina J. (2004). Análisis cuantitativos de los principales constituyentes químicos de raíces de *Echinacea purpurea* y *E. angustifolia* producidas en Costa Rica. Agronomía Costarricense. 28(2): 53-59.
- Loué A. (1988). Los microelementos en agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. 354.
- Lum M.R., Potter E., Dang T., Heber D., Hardy M. e Hirsch A.M. (2005). Identification of botanicals and potential contaminants throught RFLP and sequencing. Planta Medica. 71(9): 841.
- MAFRD (2015). *Echinacea*. Production medicinal crops. Manitoba Agriculture, Food and Rural Development Ministry Agriculture, Food and Rural Development. Manitoba, Canada. [consultado a 10 de setembro, 2015]. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/production/echinacea.html>
- MAGRAMA (2001). Estadísticas 2001. Agricultura ecológica. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Alimentación. Subdirección General de Denominaciones de Calidad y Relaciones Interprofesionales y Contractuales. 42.
- MAGRAMA (2006). Estadísticas 2006. Agricultura ecológica. España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Agricultura y Alimentación. Dirección General de Industria Agroalimentaria y Alimentación. Subdirección General de Calidad Agroalimentaria y Agricultura Ecológica. 57.
- MAGRAMA (2011). Agricultura ecológica. Estadísticas 2011. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Subdirección General de Calidad Diferenciada y Agricultura Ecológica. 59.
- MAGRAMA (2014). Anuario de estadística. Avance 2014. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Subdirección General de Estadística. Estadísticas Agroalimentarias. 887.
- Maillet J. (1981). Evolution de la flore adventicie dans le Montepelliarais sous la presión des techniques culturales. PhD thesis. USTL Montpellier. France.
- Marshall C. (1987). Physiological aspects of pasture growth. Ecosystems of the World. Managed grasslands analytical studies. Ed. R.W. Snaydon. 17b, 4: 29-46.
- Martín L. (1971). Manual sobre aplicación de los plásticos en agricultura. Instituto de Plásticos y Caucho. Madrid. 76-102.

- Martín-Closas L. e Pelacho A.M. (2004). Los acolchados biodegradables como alternativa a los acolchados de papel y de polietileno en un sistema de producción ecológica de tomate. En: VI Congreso SEAE. II Congreso Iberoamericano de Agroecología. I Encuentro de estudiantes de Agroecología y Agricultura Ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (Ed.). 237-238.
- Martinez Cortizas A. (1987). Zonas agroecológicas de Galicia. Zonas climáticas FAO. Análisis de edafología y agrobiología. XLVI, 521-538.
- Mattace Raso G., Di Carlo G., Esposito E., Pinto L. e Meli R. (2002). *In vivo* and *in vitro* antiinflammatory effect of *Echinacea purpurea* and *Hypericum perforatum*. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 54: 1379-1383.
- McGregor R. (1968). The taxonomy of genus *Echinacea* (Compositae). University of Kansas. Science Bulletin. 48: 113-142.
- McKeown K.A. (1999). A review of the taxonomy of genus *Echinacea*. Perspectives on new crops and new uses. J. Janick (ed.). ASHS Press. Alexandria. VA. 482-489.
- McKeown K.A. (2004). A review of preliminary *Echinacea* genetics and the future potential of genomics. En: *Echinacea*. The genus *Echinacea*. Sandra Carol Miller and He-ci Yu (eds.). Medicinal and aromatic plants. Industrial profiles. CRC PRESS. 13-20.
- Mendonça M.C., Santos M.F., Simoes R.A., Silva-Mann R. e Blank A.F. (2005). Production and entomofauna associated to lemon balm (*Melissa officinalis* L.) cultivated with synthetic mulch. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. 8(1): 63-67.
- Mengs U., Clare C.B. e Poiley J.A. (1991). Toxicity of *Echinacea purpurea*. Acute, subacute and genotoxicity studies. Arzneimittel-Forschung. 41(10): 1076-1081.
- Merali S., Binns S., Paulin-Levasseur M., Ficker C., Smith M., Baum B., Brovelli E. e Arnason J.T. (2003). Antifungal and anti-inflammatory activity of the Genus *Echinacea*. Pharmaceutical Biology. 41(6): 412-420.
- Meyer S.A. e Ramasahayam S. (2014). *Echinacea*. Reference Module in Biomedical Sciences. Encyclopedia of toxicology (Third Edition). 265-267.
- Miles C., Wallace R., Wszelaki A., Martin J., Cowan J., Walters T. e Inglis D. (2012). Deterioration of potentially biodegradable alternatives to black plastic mulch in three tomato production regions. HortScience. 47(9): 1270-1277.
- Miller S.C. e Yu H.C. (eds.) (2004). *Echinacea*. the genus *Echinacea*. Medicinal and aromatic plants. Industrial profiles. CRC PRESS.
- Mistríková I. e Vavrková S. (2007). Morphology and anatomy of *Echinacea purpurea*, *E. angustifolia*, *E. pallida* and *Parthenium integrifolium*. Biologia. Bratislava. 62(1): 2-5.
- Mitscher L.A. e Cooper R. (2004). Herbal and traditional medicine: molecular aspects of health. Packer L., Ong C. N. and Haliwell B. (eds.). Marcel Dekker. New York. 941.
- Moerman D. (2008). Native American herbal prescription sticks: indigenous 19th century pharmacopeias. American Botanical Council. HerbalGram. 77: 48-53.
- Moré E. (2008). Producción de plantas aromáticas y medicinales. Horticultura. 46-47.
- Moré E. e Colom A. (2002). Distribución comercial de plantas aromáticas y medicinales en Cataluña. Investigación agraria. Producción y protección vegetales. 17(1): 43-66.
- Moreno M.M., Moreno A., Mancebo I., Meco R. e López J.A. (2004). Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate. En: VI Congreso SEAE. II Congreso Iberoamericano de Agroecología. I Encuentro de estudiantes de Agroecología y Agricultura Ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (ed.). 243-244.
- Moreno M.M. e Moreno A. (2008). Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. Scientia Horticulturae. 116(3): 256-263.
- Mordalski R., Filoda G., Kordana S. e Zalecki R. (1994). Jezowka purpurowa (*Echinacea purpurea* Moench., (syn. *Rudbeckia purpurea* L.) Rodzina: zlozone (Compositae = Asteraceae): instrukcja upeawy. Institut Roslin I Przetworow Zielarskich W. Poznaniu.
- Mortvedt J.J., Giordano P.M. e Lindsay W.L. (1983). Micronutrientes en agricultura. 742.
- Mounier J. (1979). Les climats oceaniques de regions atlantiques de L'Espagne et du Portugal. Lille: Atelier Reproduction des theses. 3 v. Tesis doctoral universidad de Rennes II.
- Müller-Jakic B., Breu W., Probstle A., Redl K., Greger H. e Bauer R. (1994). *In vitro* inhibition of cyclooxygenase and 5-lipoxygenase by alkamides from *Echinacea* and *Achillea* species. Planta Medica. 60: 37-39.
- Muntean L., Salontai A., Botez C., T mas M., Cernea S., Morar G. e Vaida F. (1991). Reserches sur la biologie des espèces *Echinacea pallida* Nutt. et *Echinacea purpurea* (L.) Moench. (II). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. XX-XXI, 63-72.

- Muntean L., Salontai A., Tamas M., Botez C., Cernea S., Morar G. e Vaida F. (1993). Research on the cultivation of *Echinacea purpurea* (L.) Moench. Buletin USACN, A-II, 47: 55-60.
- National Guideline Clearinghouse (NGC). Agency for Healthcare and Quality. United States Department of Health & Human Services. [Consultado o 28 de setembro, 2015]. <http://www.guideline.gov/>
- Nava J.C. (2011). Socio-economic benefits of using plastic for the cultivation of melon (*Cucumis melo* L.) in the Miranda Municipality, Zulia. Revista de Ciencias Sociales. 17(3): 542-549.
- Navarro S. e Navarro G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 487.
- Nicola S., Hoeberechts J. e Fontana E. (2002). Valorizzazione delle piante officinali in piemonte: esperienze di ricerca per la coltivazione di lavanda e rosmarino. En: Convegno Nazionale. Piante officinali, biodiversità e agricoltura. Prospettive per la montagna. Varzi (P.V.).
- Obidoska G., Sadowska A. e Rumowska M. (2004). The effect of growing factors on the yield of seeds of ashwagandha (*Withania somnifera* (L.) Dun.) cultivated in Polish climatic conditions. Folia Horticulturae. 16(2): 57-63.
- Oliver A., Price J., Li T.S.C. e Gunner A. (1995). *Echinacea*: purple coneflower. B. C. Min. Agr. Fisheries Food Specialty Crops Infosheet.
- Palada M.C., Crossman S.M.A., Kowalski J.A. e Collingwood C.D. (2000). Evaluation of organic and synthetic mulches for basil production under drip irrigation. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 6(4): 39-48.
- Parmenter G., Burgmans J., Burton L., Douglas M., Follett, J., Gray G. e Smallfield, B. (1992). Production of the medicinal crops *Valerian* and *Echinacea* in New Zealand. Proceedings Agronomy Society. 22: 61.65.
- Parmenter G.A. e Douglas J. (2001). *Echinacea* – The purple coneflowers. Crop & Food Research. Broad sheet 33: 1-3.
- Parmenter G.A. e Littlejohn R.P. (1997). Planting density effects on root yield of purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 25:169-175.
- Pédelaborde P. (1970). Introduction a l'étude scientifique du climat Ed. Rev. Et mise a jour. Paris. Société d'Édition d'Enseignement Supérieur. 246.
- Peech L., Alexander L.T. e Dean L.A. (1974). Methods of soil analysis for soil fertility investigations. USDA n° 757.
- Peichowski K., Rizvi S. e Reese R.N. (1997). First report of *Fusarium oxysporum* on purple coneflower. Plant Disease. 81(2): 227-227.
- Pellati F., Benvenuti S., Magro L., Melegari M. e Soragni F. (2004). Analysis of phenolic compounds and radical scavenging activity of *Echinacea* spp. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 35(2): 289-301.
- Pellati F., Benvenuti S., Melegari M. e Lasseigne T. (2005). Variability in the composition of anti-oxidant compounds in *Echinacea* species by HPLC. Phytochemical analysis. 16: 77-85.
- Perry N.B., van Klink J.W., Burgess E J. e Parmenter G.A. (1997). Alkylamide levels in *Echinacea purpurea* (L.) Moench.: a rapid analytical method revealing differences among roots, rhizomes, stems, leaves and flowers. Planta Medica. 63: 58-62.
- Perry N.B., van Klink J.W., Burgess E.J. e Parmenter G.A. (2000). Alkamide levels in *Echinacea purpurea*: Effects of processing, drying and storage. Planta Medica. 66: 54-56.
- Perry N.B., Anderson R., Burgess E.J., Follett J.M., Martin D. e Smallfield B.M. (2002). *Echinacea purpurea*: variation in yield and quality between plant parts, harvest dates and sites. Crop & Food Research. New Zealand.
- Perry N.B., Wills R.B.H. e Stuart D.L. (2004). Factors affecting *Echinacea* quality: Agronomy and processing. En: *Echinacea*. The genus *Echinacea*. Sandra Carol Miller and He-ci Yu (eds.). Medicinal and aromatic plants. Industrial profiles. CRC PRESS. 111-126.
- Pollock C.J. (1990). The response of plants to temperature change. Journal Agricultural Science. Cambridge. 115, 1-5.
- Pouliquen X. (2005). Horta ecolóxica na Galiza. Guía práctica para o cultivo. Baía Edicións. 188.
- Praszná L. (1993). *Echinacea* spp. Kasviragfajok, in Bernath J. (Ed.). Vadontermö es termesztett gyógynövények. Mezőgazda. Budapest.
- Qu L., Wang X., Chen Y., Scalzo R., Widrlechner M.P., Davis J.M. e Hancock J.F. (2005 a). Commercial seed lots exhibit reduced seed dormancy in comparison to wild seed lots of *Echinacea purpurea* Hancock. HortScience 40(6): 1843-1845.
- Qu L., Chen Y., Wang X., Scalzo R. e Davis J.M. (2005b). Patterns of variation in alkamides and cichoric acid in roots and aboveground parts of *Echinacea purpurea* (L.) Moench. HortScience. 40(5):1239-1242.



- Radisek S., Ferant N., Jakse J. e Javornik B. (2009). Identification of a phytoplasma from the aster yellows group infecting purple coneflower (*Echinacea purpurea*) in Slovenia. *Plant Pathology*. 58(2): 392-392.
- Razic S., Onjia A. e Potkonjak B. (2003). Trace elements analysis of *Echinacea purpurea* – herbal medicinal. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 33: 845-850.
- Reddy P.R. e Reddy S.J. (1997). Elemental concentrations in medicinally important leafy materials. *Chemosphere*. 34 (9-10): 2193-2212.
- Richman A. e Witkowski J.P. (1996). A wonderful year for herbs. *Whole Foods*. Oct: 52-60.
- Richman A. e Witkowski J.P. (1997). Herbs ... By the numbers. *Whole Foods*. Oct: 20-28.
- Richman A. e Witkowski J.P. (1998). Herbs sales still strong. *Whole Foods*. Oct: 19-26.
- Ricotta J.A. e Masiunas J.B. (1991). The effects of black plastic mulch and weed control strategies on herb yield. *HortScience*. 26 (5): 539-541.
- Riggs M. e Kindscher K. (2006). The *Echinacea* market. The conservatin status of *Echinacea* species. Kindscher k. (ed.). *Kansas Biological Survey*. University of Kansas. 152-161.
- Rininger J.A., Kickner S., Chigurupati P., McLean A. e Franck Z. (2000). Immunopharmacological activity of *Echinacea* preparations following stimulated digestion on murine macrophages and human peripheral blood mononuclear cells. *Journal of Leukocyte Biology*. 68: 503-510.
- Rininger J.A., Ringer K. e Savarese M. (2004). *In vitro* immunopharmacology of *Echinacea*. En: *Echinacea*. The genus *Echinacea*. Sandra Carol Miller and He-ci Yu (eds.). *Medicinal and aromatic plants. Industrial profiles*. CRC PRESS. 169-180.
- Rogers K.L., Grice I.D., Mitchell C J. e Griffiths L.R. (1998). High performance liquid chromatography determined alkylamide levels in Australian-grown *Echinacea* spp. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 403-408.
- Rohloff J., Skagen E.B., Steen A.H. e Iversen T.H. (2000). Production of yarrow (*Achillea millefolium* L.) in Norway: essential oil content and quality. *Journal of agricultural and food chemistry*. 48(12): 6205-6209.
- Romero R., Saínz M.J., Rigueiro A., González-Hernández M.P. e López-Mosquera M.E. (2007). Influencia de dos tipos de fertilización sobre la flora adventicia, la producción y el contenido en flavonoides en un cultivo de *Achillea millefolium* L. En Galicia (NW de España). *Recursos Rurais*. 1(3). 5-11.
- Romero R., Barros Camba R., Rigueiro A. e Fernández Lorenzo, J.L. (2014). Effect of weed control on production and quality in a plantation of *Echinacea purpurea* (L.) Moench in Galicia (NW Spain). *International Journal of Agricultural Sciences*. 4(8): 232-240.
- Russi L., Chiaraluce M., Raggi L., Albertini E. e Falistocco E. (2009). Identifying commercially relevant *Echinacea* species by AFLP molecular markers. *Genome*. 52: 912-918.
- Sari A.O., Morales M.R. e Simon J.E. (1999). *Echinacea angustifolia*: an emerging medicinal. Perspectives on new crops e new uses. J. Janick (ed.). ASHS Press. Alexandria. VA. 490-493.
- Schulz V., Hänsel R. e Tyler V.E. (1998). *Rational phytotherapy*. Berlin: Springer Verlag. Third edition. 306.
- Schulz H., Pfeiffer S., Quilitzsch R., Steuer B. e Reif K. (2002). Rapid and non-destructive determination of the echinacoside content in *Echinacea* roots by ATR-IR and NIR spectroscopy. *Planta Medica*. 68: 926-929.
- Schuster D. e Klemme, R. (1999). *Echinacea* as a tobacco crop alternative?. *Echinacea Seminar at Department of Agriculture, Trade and Consumer Protection (DATCP)*. February 12. Madison, Wisconsin.5.
- Seeman A., Wallner T., Poschlod T. e Heilmann K. (2010). Variation of sesquiterpene lactone contents in different *Arnica Montana* populations. Influence of Ecological parameters. *Planta Medica*. 76: 837-842.
- Seemannová Z., Mistriková I. e Vavrková S.(2006). Effects of growing methods and plant age on the yield, and on the content of flavonoids and phenolic acids in *Echinacea purpurea* (L.) Moench. *Plant Soil and Environment*. 52 (10): 449-453
- Seidler-Lozykowska K. e Dabrowska J. (2003). Yield and polyphenolic acids content in purple coneflower (*Echinacea purpurea* Moench.) at different growth stages. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 10(3): 7-12.
- Senchina D.S., Martin A.E. Buss J.E. e Kohut M.L. (2010). Effects of *Echinacea* extracts on macrophage antiviral activities. *Phytotherapy Research*. 24(6): 810–816.
- Shalaby A.S., El-Gengaihi S.E., Agina E.A., El-Khayat A.S. e Hendawy S.F. (1997). Growth and yield of *Echinacea purpurea* L. as influenced by planting density and fertilization. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 5(1): 69-76.
- Shalaby A., El-Gengaihi S., Agina E., El-Khayat A. e Hendawy (1997). Growth and yield of *Echinacea purpurea* L. influenced by planting density and fertilization. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 5: 69-76.
- Sharma M., Anderson S.A., Schoop R., James B. e Hudson J.B. (2009). Induction of multiple pro-inflammatory cytokines by respiratory viruses and reversal by standardized *Echinacea*, a potent antiviral herbal extract. *Antiviral Research*. 83(2): 165–170.



- Sharma M., Schoop R., Suter A. e Hudson J.B. (2011). The potential use of *Echinacea* in acne: control of *Propionibacterium acnes* growth and inflammation. *Phytotherapy Research*. 25(4): 517–521.
- Sheded M.G., Pulford I.D. e Hamed A.I. (2005). Presence of major and trace elements in seven medicinal plants growing in the south-eastern desert, Egypt. *Journal of Arid Environments*. 66: 210-217.
- Shiukhy S., Raeini-Sarjaz M. e Chalavi V. (2015). Colored plastic mulch microclimates affect strawberry fruit yield and quality. *International Journal of Biometeorology*. 59(8): 1061-1066.
- Singh R., Kumar S., Nangare D.D. e Meena M.S. (2009). Drip irrigation and black polyethylene mulch influence on growth, yield and water-use efficiency of tomato. *African Journal of Agricultural Research*. 4(12): 1427-1430.
- Siwek P., Cebula S., Libik A., Mydlarz J., Cockshull K.E., Tuzel Y. e Gul A. (1994). The effect of mulching on changes in microclimate and on the growth and yield of sweet pepper grown in plastic tunnels. *Acta Horticulturae*. 366: 161-167.
- Siwek P., Kalisz A. e Wojciechowska R. (2007). Effect of mulching with film of different colours made from original and recycled polyethylene on the field of butterhead lettuce and celery. *Folia Horticulturae*. Supl. 19(1): 25-35.
- Small E. e Catling P.M. (1999). *Canadian medicinal crops*. Ed. NRC-CNRC NRC Research Tress. Ottawa. Canada. 240.
- Soeberdt M., Oláh A., Knie U., Metze D., Biro T. e Abels C. (2014). Anti-inflammatory activity of alkylamides from *Echinacea purpurea* in keratinocytes *in vitro* and in mouse models of inflammatory skin diseases. *Journal of Investigative Dermatology*. 134(1): S14-S14.
- Soil Survey Division Staff (1993). *Soil survey manual*. USDA Handbook, vol. 18. United States Department of Agriculture. Washington, D.C.
- Solberg S.Ø. e Dragland S. (2007). The effects of dark-colored plastic, fiber, and paper mulches on yield and overwintering of perennial herbs. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 12(1-2): 13-23.
- South E.H. e Exon J.H. (2001). Multiple immune functions in rats fed *Echinacea* extracts. *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 23: 411-421.
- Spedding C.R.W. (1979). *An introduction to agricultural systems*. 2<sup>nd</sup> edition. Elsevier Applied Science. Amsterdam. 225.
- Stimpel A., Proksch A., Wagner H. e Lohmann-Matthes M.L. (1984). Macrophage activation and induction of macrophage cytotoxicity by purified polysaccharide fractions from the plant *Echinacea purpurea*. *Infection and Immunity*. 46(3): 845-849.
- Stuart D.L. e Wills R.B.H. (2000a). Alkylamide and cichoric acid levels in *Echinacea purpurea* tissues during plant growth. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 7 (1): 91-101.
- Stuart D.L. e Wills R.B.H. (2000b). Factors affecting the extraction of alkylamides and cichoric acid during ethanolic processing of *Echinacea purpurea* (L.) *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40: 873-877.
- Stuart D.L. e Wills R.B.H. (2003). Effect of drying temperature on alkylamide and cichoric acid concentrations of *Echinacea purpurea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51, 1608-1610.
- Svein S. e Steinar D. (2006). The effects of dark-colored plastic, fiber, and paper mulches on yield and overwintering of perennials herbs. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 12 (1/2): 13-23.
- Taleb A. (1989). *Etude de la flores adventice des céréales de la Chaouia (Maroc Occidental)*. Aspects botanique, agronomique et écologique. Montpellier France. Thèse DDi, Phytotechnie, France.
- Taleb A. e Maillet J. (1994). *Mauvaises herbes des cereals de la Chaouia (Maroc)*. I. Aspect floristique. *Weed Research*. 34. 345-352.
- Tanko H., Carrier D.J., Duan L. e Clausen E. (2005). Pre- and post-harvest processing of medicinal plants. *Plant Genetic Resources* 3(2): 304-313.
- Thomas R.L., Sheard R.W. e Moyer J.R. (1967). Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using a single digestion. *Agronomy Journal*. 59: 240-243.
- Thompson K.D. (1998). Antiviral activity of Viracea against acyclovir susceptible and acyclovir resistant strains of herpes simplex virus. *Antiviral Research*. 39: 55-61.
- Thomsen M.O., Fretté X.C., Christensen K.B., Christensen L.P. e Grevsen K. (2012). Seasonal variations in the concentrations of lipophilic compounds and phenolic acids in the roots of *Echinacea purpurea* and *Echinacea pallida*. *Journal of agricultural and food chemistry*. 60(49): 12131-12141.
- Tutin T.G., Heywood V.H. e Burges N.A. (eds.) (1964-1980). *Flora europaea*. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Turc L. (1961). Evaluation des besoins en eau de l'irrigation. *Annales Agronomiques*. 12: 13-48.



- Tyler V.E. (2000). Herbal medicine: from the past to the future. Public Health Nutrition. 3 (4A): 447-452.
- UNCTAD/OMC (2006). Medicinal plants & extracts. Market News Service (MNS). Centro de Comercio Internacional. No. 18. Marzo del 2006. 6-17.
- Urbano P. (2002). Fitotecnia: Ingeniería de la producción vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. 528.
- Villalobos F.J., Mateos L., Orgaz F. e Fereres E. (2002). Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción agrícola. Ediciones Mundi-Prensa. 496.
- Vimalanathan S., Kang L., Amiguet V.T., Livesey J., Arnason J.T. e Hudson J. (2005). *Echinacea purpurea*. Aerial parts contain multiple antiviral compounds. Pharmaceutical Biology. 43(9): 740-745.
- Voorhees W.B., Allmaras R.R. e Johnson C.E. (1981). Alleviating temperature stress. En: Arkin G. F. and Taylor H. M. (eds.). Modifying the root environment to reduce crop stress . Monogr. 4. Amer Soc of Agr Eng. St. Joseph. M. I.
- Wacker A. e Hilbig W. (1978). Virus inhibition by *Echinacea purpurea*. Planta Medica. 33: 89-102.
- Wagner H. e Proksch A. (1981). An immunostimulating active constituent from *Echinacea purpurea*. Z. Phytother. 2: 166-171.
- Wagner H., Stuppner H., Schafer W. e Zenk M. (1988). Immunologically active polysaccharides of *Echinacea purpurea* cell cultures. Phytochemistry. 27: 119-126.
- Wang P., Kang J., Zheng R.L., Yang Z., Lu J., Gao J. e Jia Z.J. (1996). Scavenging effects of phenylpropanoid glycosides on superoxide anion and hydroxyl radical by the spin trapping method. Biochemical Pharmacology. 51: 687-691.
- Wang X.L., Li F.M., Jia Y. e Shi W.Q. (2005). Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature. Agricultural Water Management. 78: 181-194.
- Wang F.-X., Wu X.-X., Shock C.C., Chu L.-Y., Gu X.-X. e Xue X. (2011). Effects of drip irrigation regimes on potato tuber yield and quality under plastic mulch in arid Northwestern China. Field Crops Research. 122(1): 78-84.
- Wien H.C., Minotti P.L. e Grubinger V.P. (1993). Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. Journal of the American Society for Horticultural Science. 118: 207-211.
- Wills R.B.H. e Stuart D.L. (1999a). Alkylamide and cichoric acid levels in *Echinacea purpurea* grown in Australia. Food Chemistry. 67: 385-388.
- Wills R.B.H. e Stuart D.L. (1999b). Generation of high quality Australian *Echinacea purpurea* products. Rural Industries Research and Development Corporation. Publication nº 99/95. Project nº UNC-4A.. 43.
- Wills R.B.H. e Stuart D.L. (2000). Effect of handling and storage on alkylamides and cichoric acid in *Echinacea purpurea*. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80: 1402-1406.
- Wist T.J. e Davis A.R. (2006). Floral nectar production and anatomy and ultrastructure of *Echinacea purpurea* (Asteraceae). Annals of Botany. 97: 177-193.
- World Health Organization (1999). Herba *Echinaceae* Purpureae. WHO monographs on selected medicinal plants. 1: 136-144.
- World Health Organization (2003). Traditional Medicine. Fact sheet no. 134. [Consultado o 14 de marzo, 2005]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/en/>
- Wu C.-H., Murthy H.N., Hahn E.-J. e Paek K.-Y. (2007). Large-scale cultivation of adventitious roots of *Echinacea purpurea* in airlift bioreactors for the production of chichoric acid, chlorogenic acid and caftaric acid. Biotechnology Letters. 29: 1179-1182.
- Xunta de Galicia (2006). Anuario Climatolóxico de Galicia 2005. Colección técnica medio ambiente. Plan Galego de Estatística. 2006-4.0.2. Consellería de Medio Ambiente e de Desenvolvemento Sostible. Dirección xeral de Desenvolvemento Sostible. 121.
- Xunta de Galicia (2007). Anuario Climatolóxico de Galicia 2006. Colección técnica medio ambiente. Plan Galego de Estatística. 12102-2007. Consellería de Medio Ambiente e de Desenvolvemento Sostible. Dirección xeral de Desenvolvemento Sostible. 117.
- Xunta de Galicia (2008). Anuario Climatolóxico de Galicia 2007. Colección técnica medio ambiente. Plan Galego de Estatística. 2008-12102. Consellería de Medio Ambiente e de Desenvolvemento Sostible. Dirección xeral de Desenvolvemento Sostible. 157.
- Yang N., Sun Z.-X., Feng L.-S., Zheng M.-Z., Chi D.-C., Meng W.Z., Hou Z.-Y., Bai W. e Li K.-Y. (2015). Plastic film mulching for water-efficient agricultural applications and degradable films materials development research. Materials and Manufacturing Processes. 30 (2): 143-154.
- Yousef R.M.M., Khalil S.E. e El-Said N.A.M. (2013). Response of *Echinacea purpurea* L. to irrigation water regime and biofertilization in Sandy soils. World Applied Sciences Journal 26(6): 771-782.



- Zhao H., Xiong Y.-C., Li F.-M., Wang R.-Y., Qiang S.-C., Yao T.-F. e Mo F. (2012). Plastic film mulch for half growing-season maximized WUE and yield of potato via moisture-temperature improvement in a semi-arid agroecosystem. *Agricultural Water Management*. 104: 68-78.
- Zheljazkov V.D., Callahan A. e Cantrell C.L. (2008a). Yield and Oil Composition of 38 Basil (*Ocimum basilicum* L.) Accessions Grown in Mississippi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(1): 241-245.
- Zheljazkov V.D., Cantrell C.L., Evans W.B., Ebelhar M.W. e Coker C. (2008b). Yield and Composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum sanctum* L. Grown at Four Locations. *HortScience*. 43(3): 737-741.
- Zheljazkov V.D., Astatkie T. e Hristov A.N. (2012). Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. *Industrial Crops and Products*. 36(1): 222-228.
- Zheng R.L., Wang P.F., Li J., Liu Z.M. e Jia Z.L. (1993). Inhibition of the autoxidation of linoleic acid by phenylpropanoid glycosides from *Pedicularis* micelles. *Chemistry and Physics of Lipids*. 65: 151-154.
- Zoutewelle G. e van Wijk R. (1989). Effects of *Echinacea purpurea* extracts on fibroblast populated collagen lattice contraction. *Phytotherapy Research*. 4(2): 77-81.





## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Superficie adicada aos principais tipos de cultivos en agricultura ecolóxica en 2011 (Elaboración propia. Datos das Estatísticas Anuais de Agricultura Ecolóxica do MAGRAMA, 2011).                                                                        | 10 |
| Figura 2. Plantas de <i>E. purpurea</i> ubicadas no parterre de aromáticas da Escola Politécnica Superior (Lugo).                                                                                                                                                    | 13 |
| Figura 3. Capítulos florais de <i>Echinacea purpurea</i> .                                                                                                                                                                                                           | 14 |
| Figura 4. Distribución natural da especie <i>Echinacea pupurea</i> (Elaborción propia. Mapa descargado de Google Maps).                                                                                                                                              | 14 |
| Figura 5. Pintura sobre táboa de madeira pertencenta a pobos nativos americanos onde se representan combinacións de plantas medicinais. Fotografía do National Museum of the American Indian. Colección privada do Smithsonian Institution.                          | 15 |
| Figura 6. Ácido isobutilamil dodeca-2E,4E,8Z,10E-tetraenoico (alquilamida 8).                                                                                                                                                                                        | 16 |
| Figura 7. Ácido isobutilamil dodeca-2E,4E,8Z,10Z-tetraenoico (alquilamida 9).                                                                                                                                                                                        | 16 |
| Figura 8. Equinacósido.                                                                                                                                                                                                                                              | 16 |
| Figura 9. Ácido cloroxénico.                                                                                                                                                                                                                                         | 16 |
| Figura 10. Ácido caftárico.                                                                                                                                                                                                                                          | 16 |
| Figura 11. Ácido achicórico.                                                                                                                                                                                                                                         | 17 |
| Figura 12. Localización da parcela de ensaio. Ortofoto a escala 1:4.500. SiG PAC.                                                                                                                                                                                    | 39 |
| Figura 13. Colocación das bandexas de alvéolos na mesa de cultivo do invernadoiro.                                                                                                                                                                                   | 40 |
| Figura 14. Plántula de equinácea en alvéolo. Imaxe tomada o 18/09/2004.                                                                                                                                                                                              | 41 |
| Figura 15. Disposición dos distintos tratamentos na finca de prácticas.                                                                                                                                                                                              | 42 |
| Figura 16. Vista xeral do ensaio de <i>Echinacea purpurea</i> .                                                                                                                                                                                                      | 42 |
| Figura 17. Detalle das distintas plantas nos distintos tratamentos: polietileno negro, malla plástica e solo nu.                                                                                                                                                     | 43 |
| Figura 18. Detalle do momento da recollida das flores.                                                                                                                                                                                                               | 43 |
| Figura 19. Calendario de recollida de <i>Echinacea purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                                   | 44 |
| Figura 20. Colleita de raíces de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (31/10/2006).                                                                                                                                                                          | 45 |
| Figura 21. Flores, follas e talos con follas de <i>E. purpurea</i> secados en estufa a 35°C.                                                                                                                                                                         | 46 |
| Figura 22. Procesado das raíces de <i>E. purpurea</i> secas en estufa a 35 °C.                                                                                                                                                                                       | 46 |
| Figura 23. Detalle da colleita das flores.                                                                                                                                                                                                                           | 47 |
| Figura 24. Táboa de recollida de planta de <i>Echinacea purpurea</i> .                                                                                                                                                                                               | 47 |
| Figura 25. Variación da radiación no período de 1961 a 1985.                                                                                                                                                                                                         | 50 |
| Figura 26. Variación das temperaturas medias ao longo do período de 1961 a 1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.                                                                                                                                                        | 51 |
| Figura 27. Variación das temperaturas máximas do período de 1961 a 1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.                                                                                                                                                                | 52 |
| Figura 28. Variación das temperaturas mínimas do período de 1961 a 1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.                                                                                                                                                                | 52 |
| Figura 29. Precipitación no período 1961-1985 e dos anos 2005, 2006 e 2007.                                                                                                                                                                                          | 54 |
| Figura 30. Diagrama ombrotérmico do período de 1961 a 1985.                                                                                                                                                                                                          | 55 |
| Figura 31. Diagrama ombrotérmico do ano 2005.                                                                                                                                                                                                                        | 55 |
| Figura 32. Diagrama ombrotérmico do ano 2006.                                                                                                                                                                                                                        | 56 |
| Figura 33. Diagrama ombrotérmico do ano 2007.                                                                                                                                                                                                                        | 56 |
| Figura 34. Balance hídrico do período de 1961 a 1985.                                                                                                                                                                                                                | 57 |
| Figura 35. Balance hídrico do ano 2005.                                                                                                                                                                                                                              | 58 |
| Figura 36. Balance hídrico do ano 2006.                                                                                                                                                                                                                              | 58 |
| Figura 37. Balance hídrico do ano 2007.                                                                                                                                                                                                                              | 59 |
| Figura 38. Produción de <i>E. purpurea</i> (kg/ha) dos distintos tratamentos no 1º ano de cultivo (2005), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .                                       | 62 |
| Figura 39. Produción de <i>E. purpurea</i> (kg/ha) dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .                                  | 63 |
| Figura 40. Produción de <i>E. purpurea</i> (kg/ha) dos distintos tratamentos no terceiro ano de cultivo (2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .                                 | 63 |
| Figura 41. Produción de biomasa (kg/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ . | 64 |
| Figura 42. Produción de flores (kg/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .  | 65 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 43. Produción de follas (kg/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                      | 65 |
| Figura 44. Produción de talos (kg/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                       | 66 |
| Figura 45. Rendementos das partes aéreas de <i>E. purpurea</i> (kg MS/ha) dos distintos tratamentos no 1º ano de cultivo (2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                    | 67 |
| Figura 46. Rendementos das partes aéreas de <i>E. purpurea</i> (kg MS/ha) dos distintos tratamentos no 2º ano de cultivo (2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                    | 68 |
| Figura 47. Rendementos das partes aéreas de <i>E. purpurea</i> (kg MS/ha) dos distintos tratamentos no 3º ano de cultivo (2007, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                     | 69 |
| Figura 48. Rendemento do conxunto da parte aérea (kg MS/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ ..... | 70 |
| Figura 49. Rendemento en flores (kg MS/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                  | 70 |
| Figura 50. Rendemento en follas (kg MS/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                  | 71 |
| Figura 51. Rendemento en talos (kg MS/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                   | 71 |
| Figura 52. Altura (cm) de <i>E. purpurea</i> no 1º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                                  | 72 |
| Figura 53. Altura (cm) de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                                  | 72 |
| Figura 54. Altura (cm) de <i>E. purpurea</i> no 3º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                                  | 73 |
| Figura 55. Evolución das alturas (cm) de <i>E. purpurea</i> nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                | 73 |
| Figura 56. Número de flores por planta segundo o tratamento no 1º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                   | 74 |
| Figura 57. Número de flores por planta segundo o tratamento no 2º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                   | 74 |
| Figura 58. Evolución do número de flores de <i>E. purpurea</i> nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....             | 75 |
| Figura 59. Número de talos por planta segundo o tratamento no 1º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                    | 75 |
| Figura 60. Número de talos por planta segundo o tratamento no 2º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                    | 76 |
| Figura 61. Número de talos por planta segundo o tratamento no 3º ano de cultivo, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                                    | 76 |
| Figura 62. Evolución do número de talos de <i>E. purpurea</i> nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....              | 77 |
| Figura 63. Peso fresco das raíces no 2º ano de cultivo segundo o tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                  | 78 |
| Figura 64. Peso fresco das raíces no 3º ano de cultivo segundo o tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p<0,05$ .....                                                                  | 78 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 65. Producción de raíces (kg/ha) de <i>E. purpurea</i> entre os distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007) , con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                     | 79 |
| Figura 66. Rendementos en raíces de <i>E. purpurea</i> (Kg MS/ha) no 2º ano de cultivo nos distintos tratamentos de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                    | 80 |
| Figura 67. Rendementos en raíces de <i>E. purpurea</i> (Kg MS/ha) no 3º ano de cultivo nos distintos tratamentos de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                    | 80 |
| Figura 68. Evolución do rendemento en raíces de <i>E. purpurea</i> no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .     | 81 |
| Figura 69. Evolución do material senescente nos tres anos de cultivo de <i>E. purpurea</i> (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas, con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ . | 83 |
| Figura 70. Concentracións de C (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 85 |
| Figura 71. Concentracións de C (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                               | 85 |
| Figura 72. Concentracións de N (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 86 |
| Figura 73. Concentracións de N (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                               | 86 |
| Figura 74. Concentracións de P (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 87 |
| Figura 75. Concentracións de P (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                               | 87 |
| Figura 76. Concentracións de K (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 88 |
| Figura 77. Concentracións de K (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                               | 88 |
| Figura 78. Concentracións de Na (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                             | 89 |
| Figura 79. Concentracións de Na (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 89 |
| Figura 80. Concentracións de Ca (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                             | 90 |
| Figura 81. Concentracións de Ca (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 90 |
| Figura 82. Concentracións de Mg (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                             | 91 |
| Figura 83. Concentracións de Mg (%) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos, no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                              | 91 |



[illegible]



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 103. Concentracións de Pb (mg/kg) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                                        | 101 |
| Figura 104. Concentracións de Zn (mg/kg) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no primeiro ano de cultivo (2005). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                                       | 102 |
| Figura 105. Concentracións de Zn (mg/kg) en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no segundo ano de cultivo (2006). Letras distintas para os diferentes tratamentos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .                                        | 102 |
| Figura 106. Contido de alquilamidas (mg/kg) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 1º ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                      | 104 |
| Figura 107. Contido de alquilamidas (mg/kg) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                      | 104 |
| Figura 108. Contido de alquilamidas (mg/kg) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 3º ano de cultivo (2007).                                                                                                                                                      | 104 |
| Figura 109. Contido de alquilamidas (mg/kg) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .           | 105 |
| Figura 110. Contido de alquilamidas (mg/kg) en flores de <i>E. purpurea</i> para os distintos tratamentos entre o 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.       | 106 |
| Figura 111. Contido de alquilamidas (mg/kg) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ . | 107 |
| Figura 112. Contido de alquilamidas (mg/kg) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.      | 107 |
| Figura 113. Contido de alquilamidas (mg/kg) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .  | 108 |
| Figura 114. Contido de alquilamidas (mg/kg) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.       | 109 |
| Figura 115. Contido de alquilamidas (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas e nas partes subterráneas de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo (2006).                                                                                                                             | 109 |
| Figura 116. Contido de alquilamidas (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas e nas partes subterráneas de <i>E. purpurea</i> no 3º ano de cultivo (2007).                                                                                                                             | 110 |
| Figura 117. Contido de alquilamidas (mg/g) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .            | 111 |
| Figura 118. Contido de alquilamidas en raíces (mg/g) de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.                 | 111 |
| Figura 119. Contido de ácido achicórico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 1º ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                   | 112 |
| Figura 120. Contido de ácido achicórico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                   | 112 |
| Figura 121. Contido de ácido achicórico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                   | 113 |
| Figura 122. Contido de ácido achicórico (mg/g) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .        | 114 |
| Figura 123. Contido de ácido achicórico (mg/g) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.             | 114 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 124. Contido de ácido achicórico (mg/g) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ . | 115 |
| Figura 125. Contido de ácido achicórico (mg/g) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.      | 116 |
| Figura 126. Contido de ácido achicórico (mg/g) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .  | 116 |
| Figura 127. Contido de ácido achicórico (mg/g) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.       | 117 |
| Figura 128. Contido de ácido achicórico (mg/g) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .           | 118 |
| Figura 129. Contido de ácido achicórico (mg/g) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.                | 119 |
| Figura 130. Contido de ácido caftárico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 1º ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                       | 119 |
| Figura 131. Contido de ácido caftárico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                       | 120 |
| Figura 132. Contido de ácido caftárico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 3º ano de cultivo (2007).                                                                                                                                                       | 120 |
| Figura 133. Contido de ácido caftárico (mg/g) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .            | 121 |
| Figura 134. Contido de ácido caftárico (mg/g) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.                 | 122 |
| Figura 135. Contido de ácido caftárico (mg/g) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .  | 123 |
| Figura 136. Contido de ácido caftárico (mg/g) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.       | 123 |
| Figura 137. Contido de ácido caftárico (mg/g) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .   | 124 |
| Figura 138. Contido de ácido caftárico (mg/g) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.        | 125 |
| Figura 139. Contido de ácido caftárico (mg/kg) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .           | 126 |
| Figura 140. Contido de ácido caftárico (mg/g) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.                 | 126 |
| Figura 141. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 1º ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                     | 127 |
| Figura 142. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                     | 127 |
| Figura 143. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) dos distintos tratamentos nas partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 3º ano de cultivo (2007).                                                                                                                                                     | 127 |
| Figura 144. Contido de ácido cloroxénico (mg/kg) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .         | 128 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 145. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en flores de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º e 2º ano de cultivo (2005 e 2006), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.                | 128 |
| Figura 146. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ . | 129 |
| Figura 147. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en follas de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.      | 129 |
| Figura 148. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .  | 130 |
| Figura 149. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en talos de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 1º, 2º e 3º ano de cultivo (2005, 2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.       | 130 |
| Figura 150. Contido de ácido cloroxénico (mg/kg) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes tratamentos (para cada ano) mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ .          | 131 |
| Figura 151. Contido de ácido cloroxénico (mg/g) en raíces de <i>E. purpurea</i> dos distintos tratamentos no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007), con erro estándar. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ en cada tratamento.                | 132 |
| Figura 152. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de maio do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                   | 144 |
| Figura 153. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de maio do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                               | 145 |
| Figura 154. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de maio do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                    | 146 |
| Figura 155. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de maio do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                                | 147 |
| Figura 156. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de maio do terceiro ano de cultivo (2007).                                                                                                                                                   | 148 |
| Figura 157. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de maio do terceiro ano de cultivo (2007).                                                                                                                                                               | 149 |
| Figura 158. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de xuño do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                   | 151 |
| Figura 159. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xuño do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                               | 152 |
| Figura 160. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de xuño do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                    | 153 |
| Figura 161. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xuño do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                                | 154 |
| Figura 162. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de xullo do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                  | 156 |
| Figura 163. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xullo do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                              | 157 |
| Figura 164. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de xullo do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                   | 158 |
| Figura 165. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de xullo do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                               | 159 |
| Figura 166. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de setembro do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                               | 161 |
| Figura 167. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de setembro do primeiro ano de cultivo (2005).                                                                                                                                                           | 162 |
| Figura 168. Densidade das especies de flora arvense (Nº individuos/m <sup>2</sup> ) na mostraxe do mes de setembro do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                | 163 |
| Figura 169. Peso seco (g/m <sup>2</sup> ) das especies de flora arvense na mostraxe do mes de setembro do segundo ano de cultivo (2006).                                                                                                                                                            | 164 |





# ÍNDICE DE TÁBOAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Táboa 1. Cifras comerciais de España e dos principais importadores e exportadores de material de plantas aromáticas e medicinais (commodity group HS 1211). Os países aparecen en orde descendente con respecto ao valor de mercado (\$ americanos) do ano 2005.....                                           | 8   |
| Táboa 2. Cifras comerciais de España e dos principais importadores e exportadores de material de plantas aromáticas e medicinais (commodity group HS 1211). Os países aparecen en orde descendente con respecto ao valor de mercado (\$ americanos) do ano 2013.....                                           | 8   |
| Táboa 3. Mostra dos produtos de <i>Echinacea</i> dispoñibles no mercado americano, recopilado por Scott Howell no ano 2005 (Riggs e Kindscher, 2006). ....                                                                                                                                                     | 11  |
| Táboa 4. Superficie cultivada e prezos de especies de <i>Echinacea</i> en Europa no ano 2001.....                                                                                                                                                                                                              | 12  |
| Táboa 5. Prezos indicativos de materias primas, extractos e aceites esenciais de <i>Echinacea purpurea</i> (Market News Service, Centro de Comercio Internacional (UNCTAD/OMC, 2006). ....                                                                                                                     | 12  |
| Táboa 6. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en flores de <i>E. purpurea</i> .....                                                                                                                                                                                                           | 18  |
| Táboa 7. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en talos de <i>E. purpurea</i> . ....                                                                                                                                                                                                           | 19  |
| Táboa 8. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en follas de <i>E. purpurea</i> . ....                                                                                                                                                                                                          | 20  |
| Táboa 9. Contidos de alquilamidas e derivados do ácido cafeico en raíces de <i>E. purpurea</i> .....                                                                                                                                                                                                           | 21  |
| Táboa 10. Cantidade de elementos minerais extraídos por <i>Echinacea purpurea</i> (kg/ha).....                                                                                                                                                                                                                 | 26  |
| Táboa 11. Cantidade dos principais minerais en 1000 kg de biomasa de <i>Echinacea purpurea</i> . ....                                                                                                                                                                                                          | 26  |
| Táboa 12. Datos recollidos da literatura (en vertical, diferentes autores) sobre rendementos da parte aérea de <i>E. purpurea</i> de 1 a 3 anos de permanencia en campo. ....                                                                                                                                  | 32  |
| Táboa 13. Datos recollidos da literatura (en vertical, diferentes autores) sobre biomasa da parte aérea e parámetros morfolóxicos de <i>E. purpurea</i> de 1 a 3 anos de permanencia en campo. ....                                                                                                            | 33  |
| Táboa 14. Datos recollidos da literatura (en vertical, diferentes autores) sobre biomasa e rendementos de raíces de <i>E. purpurea</i> de 1 a 3 anos de permanencia en campo. ....                                                                                                                             | 36  |
| Táboa 15. Período de xeadas nos tres anos de cultivo (2005, 2006 e 2007). Fonte: Estación Campus de Lugo (Instituto Nacional de Meteoroloxía).....                                                                                                                                                             | 53  |
| Táboa 16. Media, erro estándar e porcentaxe con respecto ao total aéreo do material senescente nos tres anos de cultivo de <i>E. purpurea</i> (2005, 2006 e 2007) para cada tratamento de control de malezas. Letras distintas para os diferentes anos mostran diferenzas significativas para $p < 0,05$ ..... | 82  |
| Táboa 17. Correlacións dos principios activos nas flores de <i>E. purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005). ....                                                                                                                                                                                         | 134 |
| Táboa 18. Correlacións dos principios activos nas follas de <i>E. purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005). ....                                                                                                                                                                                         | 134 |
| Táboa 19. Correlacións dos principios activos nas follas de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                                                          | 135 |
| Táboa 20. Correlacións dos principios activos nos talos de <i>E. purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005). ....                                                                                                                                                                                          | 135 |
| Táboa 21. Correlacións dos principios activos nos talos de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                                                           | 135 |
| Táboa 22. Correlacións dos principios activos nas raíces de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                                                          | 136 |
| Táboa 23. Correlacións dos principios activos nas raíces de <i>E. purpurea</i> no terceiro ano de cultivo (2007). ....                                                                                                                                                                                         | 136 |
| Táboa 24. Correlacións das alquilamidas entre a parte subterránea e as partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007). ....                                                                                                                                                       | 137 |
| Táboa 25. Correlacións do ácido achicórico entre a parte subterránea e as partes aéreas de <i>E. purpurea</i> no 2º e 3º ano de cultivo (2006 e 2007). ....                                                                                                                                                    | 137 |
| Táboa 26. Correlacións de alquilamidas e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005). ....                                                                                                                                                         | 138 |
| Táboa 27. Correlacións de alquilamidas e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                          | 139 |
| Táboa 28. Correlacións do ácido achicórico e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                      | 139 |
| Táboa 29. Correlacións do ácido caftárico e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005). ....                                                                                                                                                      | 139 |
| Táboa 30. Correlacións do ácido caftárico e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                       | 140 |
| Táboa 31. Correlacións do ácido cloroxénico e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no primeiro ano de cultivo (2005). ....                                                                                                                                                    | 140 |
| Táboa 32. Correlacións do ácido cloroxénico e a composición mineral en flores, follas e talos de <i>E. purpurea</i> no segundo ano de cultivo (2006). ....                                                                                                                                                     | 140 |
| Táboa 33. Flora arvense presente no cultivo de <i>E. purpurea</i> .....                                                                                                                                                                                                                                        | 142 |

|                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Táboa 34. Densidade de total de especies de flora arvense (individuos/m <sup>2</sup> ) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do primeiro ano de cultivo (2005). .....    | 166 |
| Táboa 35. Densidade de total de especies de flora arvense (individuos/m <sup>2</sup> ) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do segundo ano de cultivo (2006). .....     | 166 |
| Táboa 36. Peso seco acumulado do total de especies de flora arvense (g/m <sup>2</sup> ) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do primeiro ano de cultivo (2005). .....   | 166 |
| Táboa 37. Peso seco acumulado do total de especies de flora arvense (g/m <sup>2</sup> ) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do segundo ano de cultivo (2006). .....    | 166 |
| Táboa 38. Densidade acumulada de especies de flora arvense (nº individuos/m <sup>2</sup> ) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do primeiro ano de cultivo. ....        | 167 |
| Táboa 39. Densidade acumulada de especies de flora arvense (nº individuos/m <sup>2</sup> ) nos catro meses de mostraxe (maio, xuño, xullo e setembro) do segundo ano de cultivo (2006). ..... | 167 |











*Echinacea purpurea* (L.) Moench é unha planta perenne orixinaria de América do Norte, utilizada na prevención e tratamento do arrefriado común, a gripe e outras afeccións das vías respiratorias. Na actualidade é unha das plantas medicinais máis amplamente utilizadas no mundo. Este ensaio, levado a cabo en Lugo (Galicia), evaluou catro métodos de control de flora arvense durante tres anos de cultivo de *E. purpurea*: escarda manual, acolchado con malla perforada de polipropileno negro, acolchado con polietileno negro de 400 galgas e acolchado de polietileno negro de 700 galgas. Fixéronse inventarios periódicos da flora arvense, estimándose a biomasa e a densidade de cada especie ademais do total de flora. A maiores, determináronse as producións en peso fresco e peso seco, altura das plantas, número de flores e de talos por planta. Tamén se analizáron os contidos en alquilamidas e derivados do ácido cafeico, ademais de determinar a composición mineral das partes aéreas da equinácea. Os acolchados plásticos (malla e polietilenos) foron os tratamentos máis eficaces no control da flora arvense. Os maiores rendementos da parte aérea acadáronse no segundo ano de cultivo, producíndose nas bancadas acolchadas cos polietilenos, coincidindo cos máximos valores de altura, número de flores e talos por planta. Con respecto ao rendemento das raíces, non se atoparon diferenzas significativas entre tratamentos. Os acolchados plásticos parecen favorecer a concentración de principios activos nas plantas de *E. purpurea*.